



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE DISEÑO GRÁFICO

ANÁLISIS DE USABILIDAD E INTERACTIVIDAD EN INTERFACES HÁPTICAS
PARA SISTEMAS 3D, APLICACIÓN A MAQUETA INTERACTIVA DE
TRANSPORTE ESPOCH.

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN DISEÑO GRÁFICO

REALIZADO POR:

LEONARDO FABÍAN ARÉVALO CAICHO
MIGUEL ANGEL URGILÉZ ZABALA

RIOBAMBA - ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

Nuestros más sinceros agradecimientos a quienes de una u otra forma han colaborado para la culminación de este proyecto, en especial a nuestro amigo y director de tesis Ramiro S. quien nos ha dado una guía muy valiosa sobre el camino a seguir.

A nuestros padres, por su confianza, consejos, paciencia y soporte, favores cuales no podremos retribuir, pero son valorados cada instante de nuestras vidas.

A Fernando P. por sus proyectos innovadores que forzaron nuestras capacidades haciendo de esta investigación una guía para futuros proyectos y a Cristina J. por sus atenciones, prestándonos su ayuda totalmente desinteresada.

Leonardo,
Miguel

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a nuestros padres, por su apoyo, cariño y dedicación desde nuestro primeros pasos, brindándonos las herramientas para forjarnos un futuro brillante.

A nuestros hermanos por ser una ayuda en todo momento, brindándonos apoyo incondicional y motivándonos a ser personas íntegras, con metas claras.

A nuestros amigos, Estefanía, Johanna, Pablo, Wilson, Publio y Vinicio por su colaboración y constante ánimo a lo largo de esta fase de nuestras vidas.

Y de manera especial a nuestras compañeras en todo momento, Cristina y Roberta, por su comprensión y fe.

Leonardo,
Miguel

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Nicolás Samaniego	_____	_____
DECANO INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA		
Lic. Pepita Alarcón	_____	_____
DIRECTORA DE ESCUELA DISEÑO GRÁFICO		
Lic. Ramiro Santos Poveda	_____	_____
DIRECTOR		
Ing. Fernando Proaño	_____	_____
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
DIRECTOR DEL DEP. DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE TESIS	_____	_____

“Nosotros, LEONARDO FABÍAN ARÉVALO CAICHO y MIGUEL ANGEL URGILÉZ ZABALA, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.”

LEONARDO FABÍAN ARÉVALO CAICHO

MIGUEL ÁNGEL URGILÉZ ZABALA

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS RESPONSABLES

RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CAPÍTULO I

1.1. Antecedentes.....	22
1.2. Justificación.....	26
1.3. Objetivos.....	27
1.3.1. Objetivo General.....	27
1.3.2. Objetivos Específicos.....	27
1.4. Hipótesis.....	27
1.5. Metodología.....	27
1.6. Marco Teórico.....	28
1.6.1. Interfaces Hápticas.....	28
1.6.2. Diseño centrado en el usuario.....	41
1.6.2.1. Usabilidad.....	41
1.6.2.2. Interactividad.....	44
1.6.2.3. Diseño.....	45
1.6.2.4. Arquitectura de la información.....	46
1.6.3. Aplicaciones 3D.....	48
1.6.3.1. Modelado 3D.....	49
1.6.3.2. Motores de videojuegos.....	50
1.6.3.3. Compatibilidad.....	55

1.6.3.4.	Plataformas.....	56
1.6.3.5.	Software para modelado y animación 3D.....	58
1.6.4.	Geografía.....	60
1.6.4.1.	Concepto.....	60
1.6.4.2.	Historia.....	61
1.6.4.3.	Disciplinas.....	62
1.6.5.	Transporte.....	63
1.6.5.1.	Concepto.....	63
1.6.5.2.	Medios de transporte.....	64
1.6.5.3.	Ferrocarril.....	64
1.6.6.	Diseño.....	65
1.6.6.1.	Principios del diseño gráfico.....	66
1.6.6.2.	Teoría del color.....	69
1.6.6.2.1.	Historia.....	69
1.6.6.2.2.	Descomposición de colores.....	70
1.6.6.2.3.	Manejo del color por computadora.....	71
1.6.7.	Público Objetivo.....	73
1.6.7.1.	Características.....	73
1.6.7.2.	Segmentación de mercados.....	74
1.6.8.	Diorama.....	75
1.6.8.1.	Concepto.....	75
1.6.8.2.	Características.....	76
1.6.8.3.	Tipos de diorama.....	76
1.6.8.4.	Partes de un diorama.....	78

CAPÍTULO II

Identificación de particularidades de una interfaz háptica. Restricciones y necesidades en un modelado optimizado para aplicaciones 3D.

1.7.	Interfaces Hápticas.....	80
1.7.1.	Introducción.....	80
1.7.2.	Ingeniería de la usabilidad.....	84

1.7.3. Ciclos de vida.....	87
1.7.4. Ajustes a estándares.....	88
1.7.5. Direcciones Futuras.....	89
1.8. Motores de videojuegos.....	91
1.8.1. Introducción	91
1.8.2. Gestor de Recursos.....	94
1.8.3. Modelado 3D.....	97
1.8.4. Iluminación.....	102
1.8.5. Sonido.....	106
1.8.6. Inteligencia artificial.....	109
1.8.7. Sistemas de Scripting.....	114
1.8.8. Análisis Comparativo.....	117

CAPÍTULO III

Análisis e identificación de niveles de usabilidad en una interfaz háptica.

3.1. Usabilidad en interfaces hápticas.....	120
3.1.1. Teoría	120
3.1.2. Test de usuario.....	121
3.2. Muestra.....	124
3.3. Aplicación y análisis de test.....	125
3.3.1. Aplicación del test.....	126
3.3.2. Tabulación de los resultados	127
3.3.3. Resultados del Test.....	138

CAPÍTULO IV

Análisis e identificación del grado de interactividad con el usuario en una interfaz háptica.

Mejora sistema persona – ordenador.

4.1. Interactividad en interfaces hápticas.....	139
4.1.1. Teoría	139
4.1.2. Test de usuario.....	140

4.2. Muestra.....	142
4.3. Aplicación y análisis de test.....	142
4.3.1. Aplicación del test.....	143
4.3.2. Tabulación de los resultados	145
4.3.3. Resultados del Test.....	149

CAPÍTULO V

Estudio y determinación de los elementos físicos reales para la maqueta interactiva.

1.1. Turismo férreo zona sierra centro.....	150
1.1.1. Tren.....	150
1.1.1.1. Estaciones.....	150
1.1.1.2. Recorridos.....	158
1.1.2. Geografía.....	159
1.1.2.1. Características.....	159
1.1.2.2. Distancias.....	161
1.1.2.3. Elevaciones.....	161
1.1.3. División Política.....	162

CAPÍTULO VI

Creación de la maqueta virtual 3D manipulada por interfaz háptica para vinculación con “Maqueta interactiva ESPOCH”.

6.1. Producción y diseño.....	163
6.1.1. Compilación de información.....	163
6.1.2. Restricciones de diseño.....	169
6.1.3. Producción Modelado 3D.....	170
6.1.4. Incrustación en motor de videojuego.....	174
6.2. Control de funcionamiento.....	178
6.2.1. Control de modelado 3d.....	178
6.2.1.1. Control de movimiento	178
6.2.1.2. Control de materiales.....	179
6.2.1.3. Control de eventos.....	180

6.2.1.4.	Control de compatibilidad y requerimientos de sistema.....	181
6.2.2.	Control de Motor de videojuego.....	181
6.2.2.1.	Control de interacción.....	181
6.2.2.2.	Control de scripts.....	183
6.2.2.3.	Control de compatibilidad.....	183
6.2.2.4.	Control de ejecución.....	184
6.2.3.	Control de Interfaz.....	184
6.2.3.1.	Control de funcionalidad.....	184
6.2.3.2.	Control de vinculación virtual – real.....	185
6.2.3.2.1.	Métodos de vinculación.....	185
6.2.3.2.2.	Sistemas digitales – análogos.....	186

CAPÍTULO VII

Comprobación de la hipótesis

7.1	Comprobación de la hipótesis.....	188
-----	-----------------------------------	-----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

ABSTRACT

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. I Comparación y Medidas de Poligonaje.....	52
Tabla I. II Tipos de imágenes.....	72
Tabla II. I Características Funcionales de Mecanorreceptores Cutáneos.....	81
Tabla II. II Comparación entre Procesos de Inteligencia Humana e Inteligencia Artificial.....	113
Tabla II. III Calificación IW ENGINE.....	117
Tabla II. IV Calificación RAGE.....	117
Tabla II. V Calificación CRYENGINE 2.....	118
Tabla II. VI Calificación FROSTBITE 2.....	118
Tabla II. VII Calificación UNITY.....	119
Tabla III. I Niveles de Usabilidad.....	121
Tabla III. II Cronograma de pruebas de usabilidad en colegios de la ciudad de Riobamba.....	126
Tabla III. III Tabulación de resultado Pregunta 1.....	128
Tabla III. IV Tabulación de resultado Pregunta 2.....	130
Tabla III. V Tabulación de resultado Pregunta 3.....	131
Tabla III. VI Tabulación de resultado Pregunta 3 – Test de Usabilidad.....	131
Tabla III. VII Tabulación de resultado Tarea I – Test de Usabilidad.....	132
Tabla III. VIII Tabulación de resultado Tarea II – Test de Usabilidad.....	135
Tabla III. IX Tabulación de resultado Tarea II – Test de Usabilidad.....	137
Tabla IV. I Grados de interactividad.....	140
Tabla IV. II Cronograma de pruebas de usabilidad en colegios de la ciudad de Riobamba.....	143
Tabla IV. III Tabulación de resultado Pregunta 1 – Test de interactividad.....	145
Tabla IV. IV Tabulación de resultado Pregunta 2 – Test de interactividad.....	145
Tabla IV. V Tabulación de resultado Pregunta 3 – Test de interactividad.....	146
Tabla IV. VI Tabulación de resultados de la Parte 2-1 – Test de interactividad.....	147

Tabla IV. VII Tabulación de resultados de la Parte 2-2 – Test de interactividad.....	148
Tabla V. I Recorridos del tren en tramo de estudio.....	158
Tabla V. II Distancias entre Estaciones del Ferrocarril – Zona Sierra Centro.....	161
Tabla V. III Elevaciones del Ecuador – Zona Sierra Centro.....	161
Tabla VII. I Tabulación de resultados pregunta 1 – Test usabilidad N°2.....	191
Tabla VII. II Tabulación de resultados pregunta 2 – Test usabilidad N°2.....	192
Tabla VII. III Tabulación de resultados pregunta 3 – Test usabilidad N°2.....	193
Tabla VII. IV Tabulación de resultados pregunta 4 – Test usabilidad N°2.....	194
Tabla VII. V Tabulación de resultados pregunta 1 – Test interactividad N°2.....	194
Tabla VII. VI Tabulación de resultados pregunta 2 – Test interactividad N°2.....	195
Tabla VII. VII Tabulación de resultados pregunta 3 – Test interactividad N°2.....	195

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. I. 1 Airport at Miniatur Wunderland.....	23
Fig. I. 2 Construcción maqueta en equipo multidisciplinario.....	24
Fig. I. 3 Manipulación de interface.....	28
Fig. I. 4 Cirugía a asistida mediante robot de control háptico.....	29
Fig. I. 5 Dispositivo háptico para aprendizaje de lenguaje de señas.....	29
Fig. I. 6 Dispositivo háptico de simulación deportiva.....	30
Fig. I. 7 Leap Motion controlando rotación de piezas 3D.....	30
Fig. I. 8 Dispositivo de captación e interpretación de movimiento.....	31
Fig. I. 9 Leap Motion empleado en simulador de vuelo.....	31
Fig. I. 10 Dispositivos Hápticos empleados para crear realidad virtual.....	31
Fig. I. 11 Samsung Galaxy S4 función gestos.....	32
Fig. I. 12 Guante háptico en base a feedback de fuerza.....	33
Fig. I. 13 Interfaz háptica de reconocimiento de textura.....	33
Fig. I. 14 Simulador de vuelo háptico.....	33
Fig. I. 15 PHANTOM.....	35
Fig. I. 16 Cybergrasp.....	35
Fig. I. 17 Cybertouch.....	36
Fig. I. 18 Especificaciones HID.....	37
Fig. I.19 El iPad, la tableta fabricada por Apple.....	39
Fig. I. 20 Primer teléfono diseñado por Bell Company.....	45
Fig. I. 21 Modelado de malla.....	49

Fig. I. 22 Assets para entorno tridimensional ornamentado.....	50
Fig. I. 23 Comparativa DirectX 9 y DirectX 10.....	51
Fig. I. 24 Diferencia entre objeto modelado y objeto renderizado.....	51
Fig. I. 25 Iluminación en objetos con luz propia.....	53
Fig. I. 26 Configuración de controles mediante Scripts.....	53
Fig. I. 27 Simulación auditiva.....	54
Fig. I. 28 Comparación Mapeo.....	54
Fig. I. 29 Comparación Antialiasing en sistemas Xbox360 y PS3.....	55
Fig. I. 30 Réticula de Van der Graaf.....	66
Fig. I. 31 Sistema de colores primario o RGB	70
Fig. I. 32 Sistema de colores complementarios o CMYK.....	71
Fig. I. 33 Diorama Battle of Bosworth.....	75
Fig. I. 34 Diorama abierto educativo de exposición.....	77
Fig. I. 35 Diorama de caja, representación largometraje “El niño del pijama a rayas”	77
Fig. I. 36 Diorama de Libro, narración colección libros “Harry Potter”	78
Fig. I. 37 Fondo de diorama ferroviario europeo.....	78
Fig. I. 38 Escena diorama representativo de la segunda guerra mundial.....	79
Fig. I. 39 Figura para diorama. Caballero templario.....	79
Fig. II. 40 Mecanorreceptores Cutáneos.....	81
Fig. II. 41 Dispositivo háptico GIRU simulado en Virtual Reality.....	83
Fig. II. 42 Introducción de información a través de gestos mediante Kinect.....	83
Fig. II. 43 Salida de información mediante realimentación auditiva.....	84

Fig. II. 44 Nokia Lumia 820 (Pantalla Multi-Touch).....	90
Fig. II. 45 AIREAL Interactive tactile Experiences in Free Air.....	90
Fig. II. 46 Visión conceptual de la arquitectura general de un motor de rendering.....	93
Fig. II. 47 Visión conceptual del gestor de recursos.....	94
Fig. II. 48 Visión general de un bucle de juego donde se representan los estados más comunes.....	96
Fig. II. 49 Boceto de personaje robótico.....	97
Fig. II. 50 Imagen incrustada en programa de modelado.....	98
Fig. II. 51 Extrusión poligonal a partir de un cubo.....	98
Fig. II. 52 Inserción de líneas para dobles.....	99
Fig. II. 53 Diferencia de Suavizado.....	99
Fig. II. 54 Dinosaurio 3D texturizado.....	100
Fig. II. 55 Representación del resultado de las principales etapas de rasterización.....	102
Fig. II. 56 Point lights en centro de escenario.....	103
Fig. II. 57 Esquema general directional lights.....	104
Fig. II. 58 Ejemplo de spot lights.....	104
Fig. II. 59 Interacción de la luz con objeto.....	105
Fig. II. 60 Onda sinusoidal; Variación de frecuencia; en la parte inferior podemos ver las frecuencias más altas. El eje horizontal representa el tiempo.....	107
Fig. II. 61 Simulación de ejercicio militar con movimiento y sonido incorporados.....	108
Fig. II. 62 El robot humanoide Asimo.....	110
Fig. II. 63 Robot en aprendizaje interactivo a base de datos empíricos.....	111
Fig. II. 64 Máquina de estado que define en comportamiento de un agente.....	114

Fig. II. 65 Python es uno de los lenguajes de script más populares debido a su gran potencia ya su facilidad de aprendizaje.....	116
Fig. III. 66 Captura de pantalla de la aplicación “SIX-GUNS” desde dispositivo móvil.....	122
Fig. III. 67 Porcentaje de estudiantes que han utilizado un dispositivo con pantalla táctil.....	127
Fig. III. 68 Porcentaje de dispositivos más utilizados por los estudiantes de nivel secundario.....	128
Fig. III. 69 Porcentaje de frecuencia de uso de los dispositivos móviles.....	129
Fig. III. 70 Porcentaje de estudiantes que consideran importante el tamaño de la pantalla de los dispositivos.....	120
Fig. III. 71 Porcentaje de estudiantes que consideran que las aplicaciones actuales son fáciles de utilizar.....	129
Fig. III. 72 Porcentaje de estudiantes han escuchado alguna vez los términos “Interfaz Háptica”.....	130
Fig. III. 73 Porcentaje de estudiantes que han utilizado dispositivos móviles para desarrollo de actividades investigativas o como herramienta para presentaciones y exposiciones.....	131
Fig. III. 74 Porcentaje del nivel de errores que cometieron los estudiantes al realizar la tarea del test que consistió en la manipulación del menú principal de la aplicación.....	132
Fig. III. 75 Porcentaje del nivel de control que tuvieron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la primera tarea del test que consistió en la manipulación del menú principal de la aplicación.....	132
Fig. III. 76 Porcentaje del nivel de eficiencia que mantuvieron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la primera tarea del test que consistió en la manipulación del menú principal de la aplicación.....	133

Fig. III. 77 Porcentaje del nivel de habilidad que mostraron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la primera tarea del test que consistió en la manipulación del menú principal de la aplicación.....	133
Fig. III. 78 Porcentaje del nivel de errores que cometieron los estudiantes al realizar la segunda tarea del test que consistió en la manipulación del videojuego y el cumplimiento de acciones.....	134
Fig. III. 79 Porcentaje del nivel de control que tuvieron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la segunda tarea del test que consistió en la manipulación del videojuego y el cumplimiento de acciones.....	135
Fig. III. 80 Porcentaje del nivel de eficiencia que mantuvieron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la segunda tarea del test que consistió en la manipulación del videojuego y el cumplimiento de acciones.....	135
Fig. III. 81 Porcentaje del nivel de habilidad que mostraron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la segunda tarea del test que consistió en la manipulación del videojuego y el cumplimiento de acciones.....	136
Fig. III. 82 Porcentaje del nivel de usabilidad general que mostraron los estudiantes sobre la aplicación, basada en una escala propuesta anteriormente.....	136
Fig. IV. 83 Captura de pantalla de la aplicación “SIX-GUNS” desde dispositivo móvil.....	139
Fig. IV. 84 Porcentaje de estudiantes que consideran que un dispositivo con pantalla táctil es interactivo.....	144
Fig. IV. 85 Porcentaje de estudiantes que consideran que las aplicaciones actuales son interactivas.....	145
Fig. IV. 86 Porcentaje de estudiantes que consideran importante el tema de interactividad en el desarrollo de aplicaciones.....	145
Fig. IV. 87 Porcentaje de la intervención del usuario al momento de interactuar con la aplicación.....	146

Fig. IV. 88 Porcentaje de la transformación del espectador en actor al momento de interactuar con la aplicación.....	147
Fig. IV. 89 Porcentaje del nivel de Interactividad general que mostraron los estudiantes sobre la aplicación, basada en una escala propuesta anteriormente.....	147
Fig. V. 90 Estaciones y recorridos férreos de la zona sierra.....	151
Fig. V. 91 Fotografía lateral estación del ferrocarril Riobamba.....	152
Fig. V. 92 Vista Superior simplificada y acotada. Estación de Riobamba.....	152
Fig. V. 93 Maqueta a escala 1:87 Estación ferrocarril de Riobamba para “Maqueta de transportes ESPOCH”.....	153
Fig. V. 94 Vista Superior simplificada y acotada. Estación de Riobamba.....	153
Fig. V. 95 Vistas de la Estación de Urbina, con medidas en escala HO.....	154
Fig. V. 96 Medidas vista superior Estación Urbina.....	154
Fig. V. 97 Maqueta a Escala 1:87. Estación Ferrocarril Urbina.....	154
Fig. V. 98 Fotografía de la estación de Ferrocarril - Latacunga.....	155
Fig. V. 99 Vistas de la Estación de Latacunga, con medidas en escala HO.....	155
Fig. V. 100 Medidas vista superior Estación Latacunga.....	156
Fig. V. 101 Maqueta a Escala 1:87. Estación Ferrocarril Latacunga.....	156
Fig. V. 102 Fotografía de la estación de Ferrocarril – “Eloy Alfaro” Chimbacalle.....	156
Fig. V. 103 Vistas de la Estación de Chimbacalle, con medidas en escala HO.....	157
Fig. V. 104 Vista Superior simplificada y acotada. Estación de Chimbacalle.....	157
Fig. V. 105 Maqueta a Escala 1:87. Estación Ferrocarril Chimbacalle.....	158
Fig. V. 106 Elevaciones sobre el nivel del mar de las estaciones férreas de la zona sierra.....	159
Fig. V. 107 Estaciones y recorridos férreos de la zona sierra. Fuente.....	160

Fig. V. 108 División Política del Ecuador.....	162
Fig. VI. 109 Ciudad de Riobamba.....	164
Fig. VI 110 Faldas del volcán El Chimborazo.....	164
Fig. VI 111 Ciudad de Latacunga.....	165
Fig. VI 112 Ciudad de Quito.....	166
Fig. VI 113 Puerta de entrada del tren.....	167
Fig. VI 114 Estación de Tren Urbina.....	168
Fig. VI 115 Estación de Tren Latacunga.....	168
Fig. VI 116 Estación de Tren Chimbacalle.....	168
Fig. VI 117 Configuración de unidades 3D max.....	170
Fig. VI 118 Modelado de la estación Riobamba.....	171
Fig. VI 119 Modelado de pilares estación Riobamba.....	171
Fig. VI 120 Modelado de paredes estación Riobamba.....	172
Fig. VI 121 Exportación de diseño complejo.....	172
Fig. VI 122 Herramienta extruir.....	173
Fig. VI 123 Modelaje de ventanas.....	173
Fig. VI 124 Modelaje de objetos según diseño.....	174
Fig. VI 125 Textura y color de objetos según diseño.....	174
Fig. VI 126 Exportación de objeto tridimensional.....	175
Fig. VI 127 Crear terreno en unity.....	176
Fig. VI 128 Crear montañas en unity.....	176
Fig. VI 129 Teturas en unity.....	177

Fig. VI 130 Skybox en unity.....	177
Fig. VI 131 first person controller en unity.....	178
Fig. VI 132 First Person en ejecución, Urbina.....	179
Fig. VI 133 Texturizado de árboles y paredes.....	180
Fig. VI 134 Cabina de simulación controlada por Usuario.....	180
Fig. VI 135 Mando remoto ejecutado en Iphone y Ipad.....	181
Fig. VI 136 Botón de accionado en información volcán Chimborazo.....	182
Fig. VI 137 Botones de Acción y Salto / Íconos de información de la aplicación.....	182
Fig. VI 138 Posiciones en palanca de control de desplazamiento ferrocarril real.....	183
Fig. VI 139 Programa de recepción de datos desde Unity en LabView.....	184
Fig. VI 140 Conexión DAQ OEM 6009 a ordenador y componentes electrónicos de la maqueta.....	186
Fig. VI 141 Diagrama de Bloque de Tareas ejecutadas por LabView al recibir información de Unity.....	186
Fig. VI 142 Tren a Escala partiendo de la Estación de Riobamba, controlado totalmente desde Unity.....	187
Fig. VII 143. Porcentaje de estudiantes que cumplieron las tareas exitosamente.....	190
Fig. VII 144. Porcentaje de Captación de los mensajes enviados por la aplicación.....	191
Fig. VII 145. Porcentaje de facilidad para desplazamiento en entorno.....	192
Figura 146. Porcentaje de Percepción de usabilidad de la aplicación.....	193

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

2D: Dos dimensiones
3G: Tercera generación
3D: Tres dimensiones
AI: Arquitectura de la información
CAD: Computer Aided Design
DAQ: Data Acquisition
DCU: Diseño centrado en el usuario
EV: Entorno Virtual
GPS: Global positioning system
GPL: General Public license
HD: High definition
HDMI: High definition multimedia interface
HID: Human interface device
Hz: Hertzio
IA: Inteligencia Artificial
IGN: Imagine games network
ITO: Indium Tin-doped oxide
MIP: Multum in parvo
N: Newton fuerza
NM Nanómetro
NURBS: Non-uniform rational B- spline
PIR: Pasivos infrarojos
RAE: Real academia de la lengua española
USB: Universal serial bus
WI –FI: Wireless fidelity

CAPITULO I

1.1. ANTECEDENTES

El tema de interfaces es muy discutido actualmente, debido a la implementación de dispositivos que están en capacidad de ser controlados de una manera distinta a la visual y auditiva, es aquí donde se vio la necesidad de crear interfaces manipuladas por el resto de los sentidos, a estas se las conoce como hápticas, como ejemplo de este tipo de interfaces tenemos aquellas que funcionan en dispositivos móviles como tabletas, celulares y computadores a través tecnología multi-touch¹ Tomando en cuenta que la palabra háptica, proviene del griego “Hapthai” cuyo significado es “referido al tacto” una interfaz háptica es aquella que al tener contacto con un control táctil produce en un aparato electrónico, una vibración que indica una orden a ejecutar. Normalmente se utiliza esta tecnología para sustituir ciertos sistemas mecánicos es por ello que se ha considerado necesaria la implementación de controles hápticos, debido a la gran cantidad de dispositivos equipados con esta tecnología y estando en capacidad de manipular objetos simulados en entornos virtuales. Mediante una profunda indagación se determinó que el análisis de la posibilidad de realizar interfaces hápticas con la utilización de software 3D de base y aplicaciones complementarias donde se haya utilizado principios y procesos de diseño gráfico probado y basado en técnicas de realidad virtual es totalmente viable, demostrándose así en la tesis presentada por el Ing. Galo Valverde en el año 2012.

¹ Multi-Touch es el nombre con que se conoce una técnica de interacción persona-computador y el hardware que la aplica, la tecnología multi-touch consiste en una pantalla táctil que reconoce múltiples puntos de contacto, así como el software asociado a esta que permite interpretar dichas interacciones simultaneas.

Luego de un análisis se ha considerado importante la inclusión de un modelado capaz de funcionar con total facilidad en un entorno que incluya programación orientada a objetos, siendo estas rutinas de programación que permiten diseñar, crear y presentar un proyecto de metodología lúdica², tomando en cuenta la total aceptación de este tipo de software por los estudiantes de la ciudad. El manejo de estos motores de videojuegos y su aplicación satisfactoria en estudiantes de educación media ha sido analizado anteriormente en la tesis del Ing. Cristian Llanga Gallegos, con la intención de crear un videojuego educativo que permita fomentar valores en adolescentes, encontrándose conclusiones positivas.

Colaborando con la interactividad de la maqueta plantea la inclusión de un método capaz de generar movimiento real de objetos, a partir de su conexión virtual, mediante un modelado 3d, en cuanto a posición, dirección y velocidad. Para controlar este tipo de interactividad y animación es necesaria la implementación de interfaces hápticas con el fin de permitir a la persona que manipule el comportamiento de los objetos en un escenario virtual.

Por otro lado un diorama³ o maqueta es una escena miniaturizada en tres dimensiones, en la cual se puede observar modelos de figuras, como transportes, personas, animales y objetos, todos ellos sobre un fondo, influye también una buena iluminación, comúnmente creados para ser ubicados en museos como representación de sucesos y eventos.

La acogida y el aprecio internacional hacia el miniaturismo es tan grande que existen sitios específicamente encargados de construir dioramas de tamaños colosales, cuidadosamente detallados y con una funcionalidad excepcional, lo más parecido a una pequeña realidad, este es el caso de Miniatur Wunderland, ubicada en Alemania, quienes se especializan en el diseño, construcción y funcionamiento de sistemas complejos capaces de reproducir actividades propias del lugar miniaturizado, poseen las maquetas, más grandes, impresionantes y con mayor detalle del mundo.

² Conjunto de estrategias diseñadas para crear un ambiente de armonía en los estudiantes que están inmersos en el proceso de aprendizaje. Este método busca que los alumnos se apropien de los temas impartidos por los docentes utilizando el juego.

³ Collins Language, English Dictionary



Figura 1. Maqueta Ferromodelismo. Fuente: <http://modelismoriobamba.blogspot.com/>

Tomando en cuenta la necesidad de interacción del ser humano para captar nuevos conocimientos, se ha considerado importante buscar nuevas formas de transmisión de información directa y específica, descubriendo que la interactividad es la mejor manera de enviar el mensaje y que este sea bien interpretado, es por ello que las maquetas creadas necesitan implementar este sistema de enseñanza, permitiendo así la mejora en la percepción y el entendimiento de conceptos y procesos.

En el Ecuador, el mundo del modelismo y el arte del miniaturismo han permitido que se desarrollen proyectos de alto nivel tecnológico, creativo y educacional, con el fin de representar a escala una realidad que por su magnificencia, no podría ser vista en conjunto, muchos menos apreciada en su totalidad y con fines investigativos.

El Club de Modelismo Riobamba, fundado en Marzo de 1992, funciona anexo a la Casa de la Cultura Núcleo de Chimborazo y es considerado el club pionero en el país en difundir las técnicas del Miniaturismo en varias expresiones como Aeromodelismo, Modelismo Naval, Ferromodelismo, Miniaturismo y Origami. Este club dirigido por el Ing. Fernando Proaño ha visto la necesidad de vincular a futuros profesionales en las áreas de Mecánica, Sistemas, Electrónica y Diseño Gráfico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para que en su integración se realicen proyectos de índole investigativa y aplicativa, que brinden un aporte valioso a la institución, la ciudad, sus habitantes e incluso al país.



Figura 2. Construcción maqueta en equipo multidisciplinario.

El Ecuador posee una gran variedad de paisajes y lugares turísticos que pueden ser representados en un sistema miniaturizado, con la finalidad de permitir a sus observadores conocer su país y sus tierras. En el año 2007 inició el proceso de recuperación de las vías férreas; mediante acuerdo ministerial No. 029, del 1ero. de Abril del 2008 se declara a la red ferroviaria del Ecuador como “Patrimonio Cultural del Estado”. El tren del Ecuador ha recuperado rutas antiguas, denominadas de diferente manera. Tomando otro ámbito del miniaturismo, encontramos el aeromodelismo, consistente en la creación de modelos aéreos a escala con alto nivel de detalle, pudiendo ser aplicado al nuevo y más grande aeropuerto del Ecuador, ubicado en la parroquia Tababela, al nororiente de Quito. La recién construida y moderna infraestructura del “Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre”, ofrece varios sistemas de movilización interna y externa que podrían ser representados con el fin de que se conozca el proceso de embarque y vuelo.

La constante modernización de la sociedad y evolución de la tecnología exigen nuevas formas de interacción entre sistemas. Actualmente niños, niñas y jóvenes se sienten atraídos por tecnología de punta con diseños vanguardistas, desechando aquellos métodos mecánicos anteriormente utilizados como palancas, joysticks, botones, etc. El mercado de los video juegos y consolas de entretenimiento nos muestra claramente la tendencia actual, permitiendo a los usuarios controlar personajes y escenarios sin la necesidad de botones, permitiendo un control más espontáneo e intuitivo. La inclusión de esta tecnología exige la aparición de nuevos temas de estudio y por tanto nuevas ramas de profesionalización, que formen expertos en el manejo, usabilidad, diseño e interactividad de interfaces y aplicaciones modernas. Pudiendo constituirse como una carrera de estudio de tercer o cuarto nivel.

El tema propuesto combina el uso de sistemas interactivos 3D en el modo digital y virtual con una integración innovadora a sistemas físicos analógicos de una maqueta con elementos de transporte.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Fundamentados en las investigaciones anteriormente expuestas, el presente proyecto tiene como finalidad colaborar con la creación de herramientas interactivas que permitan mejorar la enseñanza y la transmisión de mensajes de manera efectiva, siendo estas netamente educativas y alcanzando niveles de conocimiento superiores. En el Ecuador se han creado aplicaciones en su mayoría de forma lúdica, no dando espacio a software didáctico de calidad.

Se ha establecido la necesidad de que estas aplicaciones sean hápticas con la finalidad de que estas permitan al usuario desenvolverse de manera simple, permitiendo al dispositivo vincularse al usuario de manera espontánea y a la vez mantenerse a la vanguardia de los sistemas de manipulación de interfaces. Esto incrementará la creación de sistemas basados en el usuario de un determinado segmento, brindando al consumidor la facilidad de interactuar con la interfaz sin necesidad de una guía, y de manera totalmente natural.

Por otro lado, la creación de este proyecto, permitirá colaborar con la difusión del conocimiento y la investigación en varias áreas científicas, a la vez que colocará a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo como una institución con altos estándares de investigación, innovación, desarrollo y gestión de proyectos que generarán beneficio para la ciudadanía y a la vez colaborará con el plan nacional gubernamental del buen vivir establecido en el año 2009 por el Ec. Rafael Correa Delgado, Presidente Constitucional de la República del Ecuador, en su segundo objetivo que dice, “mejorar las capacidades y potencialidades de la ciudadanía” y a su vez con el octavo objetivo que redacta, “afirmar y fortalecer la identidad nacional, las identidades diversas, la plurinacionalidad y la interculturalidad.”

La importancia de este tema, recae también en el hecho de entender a los estudiantes y profesionales del diseño gráfico, como personas altamente capacitadas para desarrollar proyectos de alto nivel, que contribuyan de manera funcional e indispensable a la sociedad, dando soluciones a problemas de usabilidad y comunicación entre el ordenador y el usuario. También fortalecerá el conocimiento en los estudiantes de niveles secundarios, sobre la geografía, rutas, flora y fauna de la cordillera de los andes, y a la vez dar un papel protagónico al turismo ferroviario y con ello preservar de manera indirecta tan valioso patrimonio cultural del Ecuador.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Investigar sobre interfaces hápticas para aplicaciones 3D y analizar su interactividad y usabilidad en una aplicación interactiva para la maqueta de transportes ESPOCH.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- Analizar e identificar el nivel de usabilidad que puede alcanzar una interfaz háptica al momento de manipular una aplicación
- Analizar e identificar el grado de interactividad con el usuario que posee una interfaz háptica y posibles mejoras entre sistema persona – ordenador.
- Identificar los parámetros técnicos que debe poseer una interfaz háptica para programarla en un sistema interactivo 3D y posterior integración a una maqueta física real
- Crear una maqueta virtual en 3D manipulada mediante una interfaz háptica para vinculación con una maqueta física a escala sobre transporte férreo en el Ecuador denominada “Maqueta interactiva ESPOCH”
- Evaluar y validar la hipótesis planteada.

1.4. HIPÓTESIS

Con el uso de una interfaz háptica en una aplicación 3D se mejorará la usabilidad e interactividad del usuario para el aprendizaje y manipulación de un sistema tanto virtual como físico

1.5. METODOLOGÍA

Se utilizará como procedimiento de investigación, el método deductivo, con la finalidad de luego de realizar un análisis del público objetivo, obteniendo información sobre sus preferencias, necesidades, gustos y la recolección de datos necesarios para el desarrollo del modelado virtual 3D, crear una maqueta virtual 3D capaz de vincularse de manera correcta con los usuarios, brindándoles información de relevancia sobre transportación en el Ecuador y que posteriormente pueda ser complementada con una maqueta real.

1.6. MARCO TEÓRICO

1.6.1. INTERFACES HÁPTICAS

Hápticas: proviene del griego háptō (tocar, relativo al tacto).

Anteriormente para realizar una comunicación en simulaciones virtuales, por lo general se comprendían los sentidos de la vista y oído en busca de llegar de una manera interactiva al usuario en una actividad específica. En la actualidad con el avance de la tecnología y con el fin de una comunicación eficiente entre el usuario y ordenador, se exige nuevos métodos de interactividad como son los dispositivos de tipo hápticos.

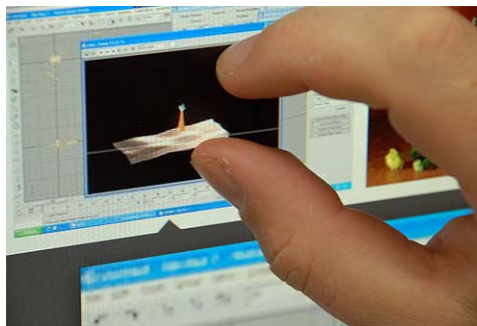


Figura 3. Manipulación de interfaz. Fuente:
<http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/>

Las interfaces hápticas permiten al usuario tocar, sentir y manipular los objetos que son simulados en ambientes virtuales los cuales pueden ser en 2D o en 3D como se muestra en la figura 3, ayudando al usuario a facilitar su tarea y la inmersión dentro en un espacio virtual de alguna aplicación y estableciendo una transferencia bidireccional de información en tiempo real, un ejemplo simple en nuestro medio de una estimulación háptica, es el modo vibrador de los teléfonos celulares, también se puede llegar a utilizar en casos prácticos como, para un turista o estudiante sea alertado cuando se acerque un edificio de interés histórico o cultural del cual a través de un teléfono inteligente se pueda consultar información.

También se considera la háptica como el estudio del comportamiento del contacto y las sensaciones que el mismo produce. El sentido del tacto resulta muy importante para los seres humanos ya que este después de la vista, nos proporciona diversa información del exterior y de posibles elementos que podrían pasar desapercibidos.

Se define al sistema háptico como: "la percepción del individuo del mundo adyacente a su cuerpo mediante el uso de su propio cuerpo". Gibson (1966)

La tecnología háptica es el conjunto de interfaces tecnológicas que ayudan a interactuar al usuario mediante el sentido del tacto, estando esta tecnología en constante evolución en varios campos de aplicación.

Algunos de los principales campos de aplicación de las interfaces hápticas son:

- **Medicinal.-** Se encuentran principalmente simuladores quirúrgicos básicamente para entrenamiento médico, micro robots para cirugía mínimamente invasiva, además se han utilizado dispositivos hápticos en rehabilitación asistida por robots.

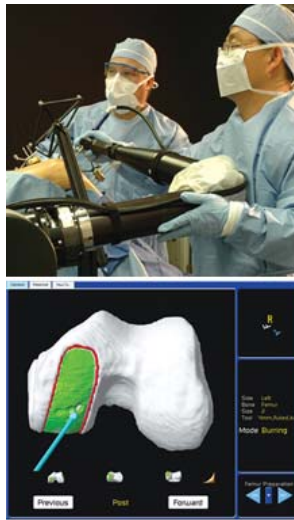


Figura 4. Cirugía a asistida mediante robot de control háptico. Fuente: <http://ambientintelligence.wordpress.com/>

- **Educacional.-** Ayuda a los estudiantes a experimentar fenómenos a escala nano y macro, escala astronómicas, con la propósito de entrenamiento para técnicos.



Figura 5. Dispositivo háptico para aprendizaje de lenguaje de señas.

Fuente: <http://revistamagisterioelrecreo.blogspot.com/>

- **Entretenimiento.-** Juegos de video que permitan al usuario sentir y manipular objetos virtuales como por ejemplo “tabletas vibradoras” ("rumble packs") con los que el usuario siente como existen irregularidades tales como un terreno desigual mientras conduce un automóvil.



Figura 6. Dispositivo háptico de simulación deportiva. Fuente: <http://www.xboxer.pl/>

- **Industria.-** Integración en los sistemas CAD de tal forma que el usuario pueda manipular libremente los componentes de un conjunto en un entorno virtual.

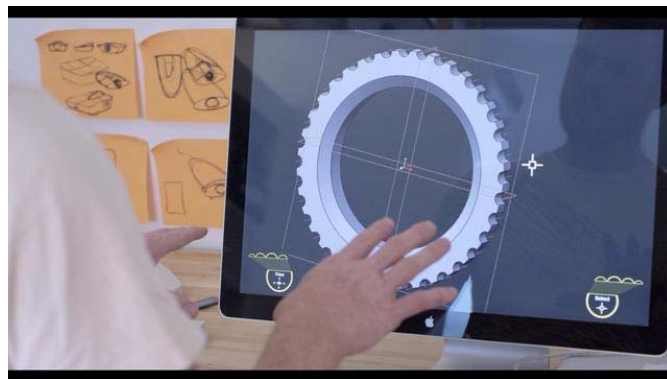


Figura 7. Leap Motion controlando rotación de piezas 3D. Fuente: <http://vimeo.com/>

- **Artes Gráficas.-** Exhibiciones virtuales de arte, museos y para lograr desarrollar esculturas virtuales, etc.



Figura 8. Dispositivo de captación e interpretación de movimiento.

Fuente: <http://www.bytetotal.com/>

- **Tele operadores y simuladores.-** Son operadores que controlan herramientas de una forma remota con el usuario, siendo necesario que las fuerzas de contacto retornen hacia el tele operador, es importante percibir “La fuerza de retorno” que podría sentirse en operaciones reales, ya que proporciona al usuario un nivel de realismo, el primer operador háptico fue diseñado para operaciones sobre sustancias radio activas.



Figura 9. Leap Motion empleado en simulador de vuelo. Fuente: <http://www.cbsnews.com/>

- **Realidad Virtual.-** Recientemente varias aplicaciones implantaron la sensación del tacto a los entornos virtuales, tal y como es en el sistema: “3D-Mobile Immersive Workstation”.



Figura 10. Dispositivos Hápticos empleados para crear realidad virtual.

Fuente: <http://www.nasa.gov/>

- **Reconocimiento de gestos.-** Es una aplicación en la que un conjunto de técnicas de procesamiento y análisis de series temporales⁴ son utilizadas para hacer que el ordenador, Tablet o dispositivo multi-touch "entienda" un gesto, Suele ser un área de visión o superficie para el ordenador o capturas por una cámara o Webcam



Figura 11. Samsung Galaxy S4 función gestos. Fuente: <http://www.samsung.com/>

1.6.1.1.- Clasificación:

Las interfaces hápticas pueden clasificarse en tres grandes grupos.

- Feedback de fuerza.**
- Feedback táctil.**
- Feedback propioceptivo.**

Originalmente no se utilizan todos estos tipos en alguna aplicación ya que cada uno de ellos aportara al usuario información referente y única de un determinado campo, pudiendo determinar cuál de estas es la más efectiva al momento de un ejercicio háptico.

- Feedback de fuerza.-** Contribuyen datos sobre la dureza, peso e inercia del objeto virtual

Las interfaces que proporcionen un feedback de fuerza son:

- **Dispositivos Desktop.-** Permiten la interacción con el objetos virtual con la presencia de un terminal, materializado como un lápiz, dedo virtual o un joystick
- **Guantes.-** Permiten la manipulación “dexterizada” (en múltiples puntos de contacto) de objetos virtuales con retorno de fuerza.

⁴ Una serie temporal o cronológica es una secuencia de datos, observaciones o valores, medidos en determinados momentos y ordenados cronológicamente Para el análisis de las series temporales se usan métodos que ayudan a interpretarlas y que permiten extraer información representativa sobre las relaciones subyacentes

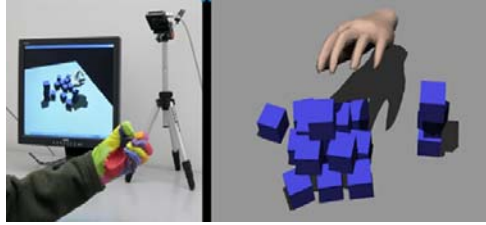


Figura 12. Guante háptico en base a feedback de fuerza. Fuente:
<http://www.yalosabes.com/>

- b) **Feedback táctil.**- Esta clasificación permite adquirir datos tales como la geometría del objeto virtual su rugosidad y temperatura, entre otros.

Las interfaces que proporcionen un feedback táctil son:

- **Dispositivos Desktop.**- Permiten al usuario percibir la dureza de una superficie, su rugosidad, seguir contornos lisos, o materiales elásticos en 2 dimensiones.
- **Guantes.**- Permiten simular con libertad de movimiento en múltiples puntos con el objeto virtual, individuando su textura, pero no características tales como su peso.



Figura 13. Interfaz háptica de reconocimiento de textura. Fuente:
<http://www.mobility-trends.com/>

- c) **Feedback propioceptivo.**- Genera información acerca de la posición del cuerpo de los usuarios o su postura.



Figura 14. Simulador de vuelo háptico. Fuente: <http://blogpagseguro.com.br/>

En el actual mercado electrónico existen varios dispositivos que sirven para actividades orientadas a interfaces, sin embargo de debe analizar las características de cada uno con el fin de seleccionar el más conveniente para nuestro objetivo, Las principales especificaciones técnicas a considerar son:

- Numero de grados de libertad del dispositivo que requiera la aplicación.
- Espacio de trabajo; es decir, la extensión del volumen dentro del cual el usuario pueda desenvolverse con facilidad.
- Rango de control de fuerza; esto se refiere, a los niveles máximos de fuerza que puede ejercer un dispositivo. Los dedos de una persona pueden ejercer de 30 a 50 N de fuerzas en periodos breves de tiempo y de 4 a 7 N en periodos sostenidos.
- Fricción aparente: las pérdidas producidas por fricción deben ser inferiores a la mínima fuerza que se ejerza por parte del usuario al momento de interactuar con el entorno virtual.
- Rigidez: La rigidez de un interfaz háptica se relaciona íntimamente con la habilidad del mismo para generar restricciones al movimiento del operador dentro del entorno virtual, impidiendo que se penetre dentro de los distintos sólidos virtuales.
- Inercia aparente: la inercia aparente es la masa mínima percibida por el operador cuando mueve el interface háptico a través del espacio libre.
- Back-driveability: con este término se alude a la transparencia del interface, es la capacidad del sistema para seguir el movimiento de la mano del usuario rápidamente y sin oposición.
- Ancho de banda: el ancho de banda de un dispositivo puede considerarse como una medida de su calidad, ya que cuanto mayor sea éste, menores serán los retardos en la transmisión de información, aumentando la estabilidad general del sistema.

1.6.1.2.- Principales dispositivos comerciales

Los modelos de interfaces hápticos comerciales, se destacan los siguientes:

a) Interfaces hápticos Desktop, con Feedback de Fuerza.

PHANTOM Sensable Technologies.

En la actualidad se dispone de varios modelos, cuyo número de grados de libertad en posicionamiento varía desde 3 hasta 6, pudiendo recibir feedback a lo largo de todos o algunos de estos grados de libertad.



Figura 15. – PHANTOM. Fuente: <http://compress.ru/>

CYBERGRASP Immersion Co.

Fabricado por Immersion Co. El Cybergrasp, básicamente es una estructura exoesquelética fijada a la parte posterior de la mano, que es accionada por unos actuadores instalados fuera de ésta, en una caja de control, con el objetivo de facilitar su manejo.



Figura 16. Cybergrasp. Fuente: <http://www.computescotland.com/>

b) Interfaces hápticos Desktop con feedback táctil.

Guantes con feedback táctil.

CYBERTOUCH Immersion Co.

Estos guantes son más ligeros que los que poseen feedback y utilizan normalmente vibradores electromecánicos que ayudan con datos de texturas o rugosidades. El Cybertouch de Immersion Co. pesa solamente 144gr. Usa 6 vibradores electromecánicos situados en la parte posterior de los dedos y en la palma de la mano.



Figura 17. Cybertouch. Fuente: <http://www.aee.odu.edu/>

Pantallas táctiles o Touchscreen

Es un dispositivo electrónico con un área de contacto táctil y llana, en la cual se permite la entrada de datos y órdenes, y que a su vez muestra los resultados introducidos anteriormente. Los toques proporcionados por el usuario deben ser exactos ya que si llegara a equivocarse el dispositivo emulara datos internos erróneos, este contacto también puede ser proporcionado por un lápiz óptico.

Tipos de pantallas táctiles:

Según la tecnología que se use existen dos tipos de pantallas:

- **Resistivas.-** Este tipo son pantallas rústicas, son de costos bajos, no les afecta el agua salada, polvo y son muy precisas, estas pueden ser utilizadas con un lápiz óptico o a su vez con los dedos, su punto débil es que tienen un 25% menos de brillo y son pesadas por lo que compañías de celulares las remplazan por otro material.
- **Capacitivas.-** Se basan principalmente en sensores capacitivos, los cuales consisten en una capa de aislamiento eléctrico, como el cristal, recubierto con un conductor transparente por ejemplo el ITO⁵. Su funcionamiento radica en que el cuerpo humano es también un conductor eléctrico, cuando toca la pantalla produce una distorsión del campo electrostático la cual es medida por el cambio de capacidad eléctrica y determinar la posición del elemento externo en la pantalla. Este tipo de pantalla tiene mejor calidad de imagen y mejor respuesta y algunas permiten la interactividad de varios dedos a la vez, también son más claras y se recomiendan utilizar con punteros o lápices ópticos.

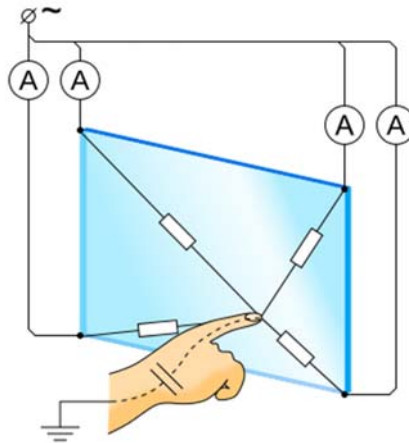


Figura 18. Especificaciones HID. Fuente: <http://coollib.net/>

⁵ tin-doped indium oxide; solución sólida de indio (III) óxido (In_2O_3) y (IV) óxido de estaño (SnO_2), típicamente 90% In_2O_3 , 10% en peso de SnO_2 . Es transparente e incolora se coloca por capas delgadas

Las pantallas táctiles se encuentran definidas dentro de la especificación de dispositivos HID⁶

Las especificaciones incluyen los campos utilizados para el manejo de este tipo de dispositivos. Algunos de los más interesantes para el manejo de las pantallas táctiles son:

- **Tip pressure:** Representa la fuerza por un transductor, habitualmente un estilete o también un dedo;
- **Barrel pressure:** Fuerza que ejerce el usuario en el sensor del transductor, como por ejemplo un botón sensible a la presión en el puntero de manejo;
- **Touch:** Indica si un dedo está tocando la pantalla. El sistema suele interpretarlo como un clic de botón primario;
- **Untouch:** Indica que el dedo ha perdido contacto con la superficie de la pantalla. Se interpreta como la acción de soltar el botón primario;
- **Tap:** Indica que se ha realizado un toque con el dedo en la pantalla, levantándolo rápidamente sin prolongar el contacto. Se interpreta como un evento provocado por un botón.

Tableta (Computador)

Por lo general se conocen como computadoras portátiles de un tamaño mayor que un teléfono inteligente, igualmente están integradas por una pantalla táctil o multi-táctil, con lo que se evita el uso de teclado o ratón y se prioriza el uso de los dedos del usuario.

El tamaño estándar es de 7 a 10 pulgadas, y por lo general no poseen teclado, en la actualidad la producción de tabletas está a la vanguardia de las marcas más conocidas en tecnología por ejemplo: Apple, Samsung, Sony, Toshiba, Acer, Hewlett Packard y Microsoft.

El dispositivo que será utilizado en este proyecto será un Ipad 2 de 7,9 pulgadas, donde se mostrará el sistema de control.

⁶ HID (por sus siglas en inglés Human Interface Device), o dispositivo de interfaz humana, hace referencia a un tipo de interfaces de usuario para computadores que interactúan directamente, tomando entradas proveniente de humanos, y pueden entregar una salida a los humanos

Beneficios:

- Lectura de libros electrónicos
- Lectura sin conexión de páginas web (p. ej., con el navegador Opera)
- Consulta y edición de documentos de suites ofimáticas
- Navegación web (mediante Wi-Fi, USB o 3G interno)
- Llamadas telefónicas, si son 3G, sustituyendo así al teléfono móvil; se suele utilizar un manos libre bluetooth
- GPS
- Reproducción de música
- Visualización de vídeos y películas, cargadas desde la memoria interna, memoria o disco duro USB o Wi-Drive y con salida mini-HDMI.
- Cámara fotográfica y de vídeo HD
- Videoconferencia

El sistema operativo de las tabletas se rige de la procedencia del fabricante por ejemplo una tableta Apple tendrá un sistema operativo iOS, una tableta Hewlett Packard tendrá un sistema operativo Windows Phone, Windows RT, Windows 8.

La evolución de las tabletas en cuestión de los materiales estarán conformadas con grafeno⁷, de nanotecnología desarrollada en la universidad de Sungkyunkwan, de Seúl, con un grosor inferior a un folio, flexible y podrán enrollarse, y capaces de recargarse sin baterías externas, solo necesitará energía solar para recargarse



Figura 19. El iPad, la tableta fabricada por Apple. Fuente: <http://www.ipnuforum.ir/>

⁷ Sustancia formada por carbono puro, con átomos dispuestos en un patrón regular hexagonal similar al grafito, pero en una hoja de un átomo de espesor. Es muy ligero, una lámina de 1 metro cuadrado pesa tan sólo 0,77 miligramos.

c) Interfaces con Feedback propioceptivo

Detectores de movimiento

Es un dispositivo electrónico equipado de sensores que responden al movimiento físico que se realice delante de ellos, existen varias aplicaciones para estos sistemas: Seguridad, entretenimiento, iluminación, comodidad. Por ejemplo en la maqueta se utilizarán sensores de movimiento, que permitan a la aplicación saber la ubicación del tren dentro del entorno real.

También constan varios tipos de sensores:

- **Sensores activos.** Este tipo de sensores inyectan luz, microondas, o sonido en el medio ambiente y detectan si existe algún cambio en él.
- **Sensores pasivos.** Muchas alarmas y sensores utilizados usan la detección de ondas infrarrojas estos sensores son conocidos como PIR (Pasivos Infrarrojos). Para que uno de estos sensores detecte a los seres humanos se debe de ajustar la sensibilidad del sensor para que detecte la temperatura del cuerpo humano.
- **Acelerómetro.** Es uno de los transductores más versátiles. Siendo el más común el piezoeléctrico por compresión. Este se basa en el principio de que cuando se comprime un retículo cristalino piezoeléctrico, se produce una carga eléctrica proporcional a la fuerza aplicada.
- **Giroscopio mecánico.** Consiste en un disco giratorio que puede tomar cualquier orientación, la cual cambia por las fuerzas externas causadas por el movimiento. El primero que fue construido en el año 1810 en Alemania por Bohnenberg y en 1852 el físico francés Leon Foucault demostró que un giroscopio puede detectar la rotación de la tierra.

El campo de las interfaces hápticas se encuentra dirigido con mayor énfasis al área de la robótica, en la cual, las nuevas investigaciones mejoran la comunicación entre hombre-máquina, facilitando actividades complejas que solo se percibían en películas de ficción, con una usabilidad relativamente sencilla.

1.6.2. DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO

Tiene por objetivo resolver necesidades concretas del usuario con la creación de productos diseñados amigablemente para su entorno, logrando la satisfacción y una buena experiencia con el mínimo esfuerzo posible.

El proceso que se realiza para un efectivo diseño centrado en el usuario es:

1. Conocer a fondo a los usuarios finales, normalmente usando investigación cualitativa o investigación cuantitativa
2. Diseñar un producto que resuelva sus necesidades y se ajuste a sus capacidades, expectativas y motivaciones
3. Poner a prueba lo diseñado, normalmente usando test de usuarios

Por lo general cuando se realiza un esquema de diseño para un público objetivo, es necesario involucrar en cada paso al usuario para poder determinar las directrices que nos ayude a mejorar cierta interfaz o página web, al inicio del proyecto se da respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Quiénes son los usuarios?
- ¿Cuáles son sus tareas y metas?
- ¿Qué nivel de experiencia tienen los usuarios?
- ¿Qué funciones se necesitan?
- ¿Qué información necesitan los usuarios y de qué manera?
- ¿Cómo se espera funcione?
- ¿Cuáles son los casos más adversos?
- ¿Se realizarán varias tareas a la vez?

1.6.2.1. USABILIDAD

Usabilidad es la facilidad que implica el manejo de herramientas o cualquier objeto, no solamente aplicado en el ámbito tecnológico. En informática se refiere también a la utilización de un sistema o software en forma simple y lógica.

De igual manera en la interacción entre persona-ordenador, se mejora considerablemente cuando la interfaz, se encuentra diseñada con claridad sencillez y

elegancia, también se aplica a libros, recetas o documentos ya que se puede llegar con el mensaje de una mera más rápida y entendible.

También hace referencia a una cualidad imprescindible, principalmente en el diseño web, es la transparencia y la capacidad de permitir que los usuarios realicen sus tareas de forma intuitiva, concentrándose en su ejecución al no percibir ninguna interrupción de parte de la plataforma virtual en la cual la está llevando a cabo la actividad, no se trata de que nada importante este a más de dos clics de distancia.

Características de una Interfaz Usable

Predictivo.- El manejo de cualquier programa debe ser predictivo esto quiere decir que los procesos de interacciones anteriores deben ser suficientes para ayudar con los resultados de futuras interacciones.

Sintetizable.- Una interfaz debe estar diseñada de tal manera que pueda sintetizarse, esto ayuda a simplificar el entendimiento de sus funciones ya que permite conocer el estado de anteriores interacciones.

Familiar.- Debe presentar un entorno amigable y familiar para la persona que lo usa al mostrar correlación entre el conocimiento del usuario y la interacción efectiva.

Consistente /Homogéneo.- Debe guardar uniformidad en su exposición, evitando los cambios repentinos o fuera de lugar en su ejecución o presentación.

Flexible.- Que pueda ser personalizado según los gustos y necesidades del usuario, el cual pueda adaptarlo de forma cómoda y precisa.

Recuperatividad.- Una interfaz usable debe poseer opciones de recuperación, que permitan volver a ponerlo en servicio en caso de suceder un error, advirtiendo al usuario de forma clara, entendible y explicando las acciones con las que deberá proceder por ejemplo ofreciendo ayuda para solucionar un error, además debe notificar previamente posibles errores y permitir deshacer la última acción.

Tiempo de Respuesta.- Se refiere a que el tiempo de resolución de las tareas procesadas deberá ser relativamente corto dependiendo de su dificultad, además deberá adecuar las tareas de modo en que se las pueda ejecutar eficaz y

eficientemente en el menor tiempo posible, determinando los parámetros de tiempo de la siguiente manera:

< 1 Segundo

Tiempo que deberá demorar el sistema en entregar resultados al usuario.

< 10 Segundos

Establecido en la realización de tareas del sistema, al permitir que el usuario lleve a cabo las tareas que desee. En todo momento se debe involucrar al usuario a la facilidad con la que maneje la interfaz.

Para poder determinar el nivel de usabilidad se puede partir de pruebas empíricas y relativas:

- Empírica porque no se basa en opiniones o sensaciones, sino en pruebas de usabilidad realizadas en laboratorio u observadas mediante trabajo de campo.
- Relativa porque el resultado no es ni bueno ni malo, sino que depende de las metas planteadas (por lo menos el 80% de los usuarios de un determinado grupo o tipo definido deben poder instalar con éxito el producto X en N minutos sin más ayuda que la guía rápida) o de una comparación con otros sistemas similares.

Los principales beneficios de la usabilidad son:

- Reducción de los costes de aprendizaje y esfuerzos.
- Disminución de los costes de asistencia y ayuda al usuario.
- Disminución en la tasa de errores cometidos por el usuario y del retrabajo.
- Optimización de los costes de diseño, rediseño y mantenimiento.
- Aumento de la tasa de conversión de visitantes a clientes de un sitio web.
- Aumento de la satisfacción y comodidad del usuario.
- Mejora la imagen y el prestigio.
- Mejora la calidad de vida de los usuarios, ya que reduce su estrés, incrementa la satisfacción y la productividad.

1.6.2.2. INTERACTIVIDAD

El proceso interactivo se puede tratar también como la comunicación que existe entre un emisor y receptor, pero este proceso interactivo o trata de comunicar solo un mensaje también permite emitir un estímulo la cual desarrolle una respuesta en tiempo real.

El internet es un organismo social a una escala global, la cual entre usuario y red se la puede comprender como relación interactiva. Al momento que la red emite un estímulo a través de la paginas web, solicitada por el usuario, el usuario decide con cual interfaz desea estableces un dialogo comunicativo, determinando las acciones que desea seguir.

El papel que desarrolla el diseñador y/o programador, resulta ser el medio, para que exista esta comunicación, posibilitando el proceso interactivo.

Sheizaf Rafaeli ⁸ ha definido a la interactividad como "una expresión extensiva que en una serie de intercambios comunicacionales implica que el último mensaje se relaciona con mensajes anteriores a su vez relativos a otros previos".

Por generar un ejemplo, se puede citar a un dispositivo electrónico, el casi desaparecido walkman, su habilidad de reproducir música a partir de casete, color o forma, no son parámetros validos de interactividad, reside principalmente en la forma que debe moverse el dedo sobre el botón, con el fin de seleccionar una canción y reproducirla, y la manera en que se controla el volumen.

El principal objetivo de la realidad virtual es interactuar con el usuario en un entorno controlado, donde se le permitirá realizar actividades ya sean de entretenimiento o trabajo en una probada interfaz inteligente y tridimensional, donde podrá moverse libremente e inclusive modificar los contenidos u objetos en cual se encuentre. Hoy en día, los mayores avances en la realidad virtual se proyectan en monitores gráficos u hologramas, pero no una inmersión total. La variable tiempo real, es la más importante ya que resulta auténtico, los nuevos medios digitales pretenden una

⁸ Investigador israelí, estudioso de la comunicación mediada por ordenador, informático, y columnista de un periódico. Él es profesor y decano de la Escuela de Gestión Haifa GSB de la Universidad de Haifa de Israel y, además, director del Centro de Investigación de Internet Sagy.

interacción instantánea para mejorar la experiencia sensorial, con ayuda de procesadores y memorias de alto rendimiento.

1.6.2.3. DISEÑO

Es la capacidad de tener visión del futuro y llegar más en funcionalidad enfocadas en el usuario, para ofrecerle comodidad y facilidad de sus necesidades, un ejemplo de la visión del futuro enfocado en un diseño funcional para el usuario es la de Henry Dreyfuss, autor del libro *Designing for people* (1955) popularizó la concepción del diseño como proceso a partir de sus diseños de teléfonos de la serie 500 para Bell Telephones, estudió los teléfonos en general, cómo se percibían y eran utilizados por las personas.

Sus conclusiones fueron aplicadas a un nuevo diseño donde se corregían aspectos como la forma, el tamaño, las proporciones o el color.



Figura 20. Primer teléfono diseñado por Bell Company. Fuente:

<http://www.stumbleupon.com/>

El concepto de DCU (Diseño Centrado en el Usuario) se utilizó como marco de trabajo, investigación y desarrollo de principios del diseño de interfaces, al observar cómo la gente usaba los sistemas y creaba sus propios modelos mentales a partir de los procesos de interacción.

Tres fueron los términos que debían ser valorados para entender estos procesos:

- **El modelo conceptual:** Ofrecido por el diseñador del sistema.
- **Interfaz:** La imagen que el sistema presenta al usuario.
- **El modelo mental:** Desarrollado por el usuario a partir de la imagen.

Los productos evolucionaron a partir de los requerimientos y participación del usuario final siendo este el foco central del proceso de diseño. Gracias a estudios e investigaciones posteriores, actualmente se cuenta con una metodología que nos ayuda a diseñar productos interactivos que previsiblemente ofrecerán experiencias de uso satisfactorias.

1.6.2.4. ARQUITECTURA DE LA INFORMACIÓN

El término “Arquitectura de la información” (AI) fue utilizado por primera vez por Richard Saul Wurman en 1975, quien la define como:

“El estudio de la organización de la información con el objetivo de permitir al usuario encontrar su vía de navegación hacia el conocimiento y la comprensión de la información.”

La arquitectura de la información hace referencia a la buena gestión de y manejo de la información, tomando en cuenta los parámetros de organización, etiquetado, navegación y sistemas de búsqueda, ayudando al usuario una correcta usabilidad, y principalmente valorar el resultado de dichas actividades.

Para desarrollar una buena interfaz interactiva el arquitecto de la información, debe poseer un perfil multidisciplinario, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Estudios de mercado
- Marketing
- Creatividad

- Diseño
- Organización
- Gestión de la información
- Navegación
- Sistemas de Búsqueda

También es necesario identificar la misión y los objetivos del espacio virtual, recopilando información y proporcionándole un valor conceptual, llegando así a construir un sitio interactivo, usable, intuitivo, eficiente, atractivo y de calidad. Pero siempre dirigiendo test de los procesos, al público objetivo, con el fin de rediseñar evitando la confusión, aburrimiento y logrando ahorrar costos antes del lanzamiento.

La arquitectura de la información se formula en una documentación detallada, como en las tareas previas de la investigación y compilación de la información, como en la organización de la misma, como se redacta de la siguiente manera:

1. Misión
2. Análisis del Contexto
 - 2.1. Definición de la Audiencia
 - 2.2. Escenarios
 - 2.3. Resumen del Análisis Competitivo

Apéndice A. Análisis Competitivo
3. Esquema de Navegación
 - 3.1. Barra de Navegación
 - 3.2. Mapas
 - 3.3. Iconos e Imágenes
4. Sistema de Búsqueda
 - 4.1. Interfaces de Búsquedas
 - 4.2. Indización
5. Rotulado
 - 5.1. Vocabulario Controlado
6. Organización y Estructura de la Información
 - 6.1. Estructura y Organización
 - 6.2. Esquema Jerárquico

6.3. Esquema de Segmentación de Espacios

6.4. Bocetos o prototipos

1.6.3. APLICACIONES 3D

En la informática, una aplicación en general es un programa informático creado como una herramienta que permite al usuario desarrollar varios tipos de trabajos, se debe tener presente la diferencia en los otros tipos de programas como los sistemas operativos (ponen en funcionamiento al ordenador), los lenguajes de programación (se utiliza para la creación de programas informáticos.)

Entre los programas de aplicaciones se tiene:

- Programas de comunicación de datos
- Multimedia
- Presentaciones
- Diseño gráfico
- Diseño y animación 3D
- Cálculo
- Finanzas
- Correos electrónicos
- Navegadores web
- Comprensión de archivos
- Gestión de empresas

El diseño 3D por computadora radica en la construcción de trabajos de arte gráfico, realizados con la asistencia de programas 3D.

La diferencia entre una imagen 3D y 2D es generalmente por la forma en la que se desarrolló, este tipo de gráficos se crean mediante un proceso matemático sobre objetos geométricos tridimensionales creados por el programa de diseño 3D, con la finalidad de representar visualmente en dos dimensiones el objeto creado, donde se pueda expresar la profundidad del objeto dándole un respectivo volumen.

La creación de imágenes 3D es similar a la escultura a partir de una imagen 2D, la simulación 3D es posible a cálculos donde requieren una carga de procesos de aceleración gráfica de video, estos dispositivos son formados con varios procesadores diseñados especialmente para cálculos y reproducir estas imágenes tridimensionales y de esta forma liberar de carga excesiva a la unidad central del ordenador.

1.6.3.1. MODELADO 3D

La etapa de modelado consiste en dar forma a objetos individuales que posteriormente se utilizaran en cualquier escena. Existen diversos tipos de geometría para modelador con NURBS y modelado poligonal o subdivisión de superficies. Igualmente, existe otro tipo de modelado que es el "modelado basado en imágenes" en inglés image based modeling. Se emplea en una fotografía a 3D mediante el uso de diversas técnicas, de las cuales, la más conocida es la fotogrametría⁹ cuyo principal impulsor es Paul Debevec.

El modelado es fundamento de todos los aspectos de producción tridimensional, ya que la creación de todo un mundo conceptual en tres dimensiones implica la aceptación o negación por parte del usuario para su uso en diversas actividades.

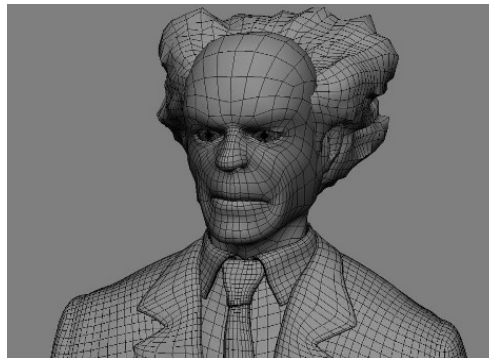


Figura 21. Modelado de malla. Fuente: <http://www.cgarena.com/>

⁹ La **fotogrametría** es una técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas. Puede ser de corto o largo alcance. Por lo que resulta que el concepto de fotogrametría es: "medir sobre fotos". Si trabajamos con una foto podemos obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si trabajamos con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de solape), podremos tener visión estereoscópica; o dicho de otro modo, información tridimensional.

1.6.3.2. MOTORES DE VIDEOJUEGOS

Un motor de video juegos es una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y la representación de un video juego, por lo general se utiliza en sistemas operativos, la función básica del motor es proveer al video juego un motor de renderizado para gráficos 2D y 3D, detectores de colisión, sonido, scripting, animación, inteligencia artificial, redes, streaming, administración de memoria y por supuesto el escenario virtual donde se realizara las acciones.

El proceso de un video juego varia en su calidad dependiendo que motor se utilice, hoy en día existen una gran variedad de motores gráficos o programas gratuitos como “open-source” donde el usuario pueda crear aplicaciones utilizando lenguaje c++, otros ejemplos tenemos “Doom engine”, “GoldSrc”, “Unity”.

El motor de gráficos o video juegos, necesita la creación de objetos bidimensionales o tridimensionales, escenarios, personajes, etc., para la creación de los mismos se debe tener en cuenta varios aspectos:

Assets.- Estos son elementos que serán implantados al videojuego. Estos elementos incluyen Modelos 3D, personajes, texturas, materiales, animaciones, scripts, sonidos, y algunos elementos específicos de cada motor. Cada motor trabaja de una manera distinta a otros lo cual puede aceptar "Assets" que otros motores no pueden manejar, sin embargo hoy en día en la mayoría de programas relacionados con la creación de video juegos los aceptan.

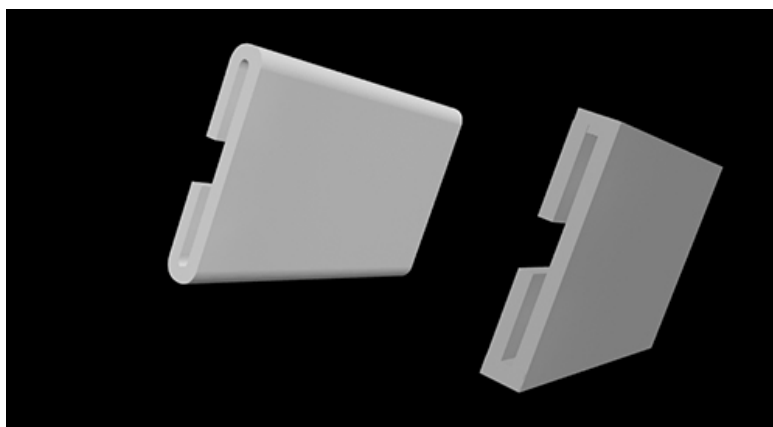


Figura 22. Assets para entorno tridimensional ornamentado.

Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones).- Es un sistema de rutinas de programación, de protocolos y de herramientas para desarrollar programas de aplicación. Para desarrollar los API tenemos los más importantes son el DirectX (de Microsoft) y el OpenGL (que trabaja con la mayoría de los sistemas operativos).



Figura 23. Comparativa DirectX 9 y DirectX 10. Fuente: <http://sapf.tistory.com/>

Render.- El render o renderización, Es la serie de procesos que el ordenador tiene que realizar para que se visualice en pantalla la creación del espacio virtual realizado por el programador. El render se encarga de mostrar al jugador toda la capacidad gráfica que el desarrollador haya configurado en el motor, el render muestra todo lo que es el terreno, modelos, animaciones, texturas y materiales. El render contribuye todo el aspecto visual del juego.



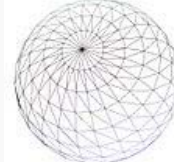
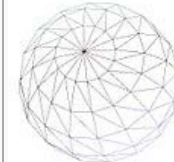



Figura 24. Diferencia entre objeto modelado y objeto renderizado.

Fuente: <http://www.davenbettridge.com/>

Objetos 3D.- Son objetos diseñados como elementos complementarios del entorno básico como: baños, puertas, árboles, muebles, adornos, etc. Los objetos o modelos 3D dependen de la cantidad de polígonos para una visualización fluida, natural y de alta calidad, pero al mismo tiempo se debe tomar en cuenta la velocidad de programación y renderización.

Tabla I. I
Comparación y Medidas de Poligonaje

Comparaciones y medidas					
Imagen					
Vertices	~5500	~2880	~1580	~670	140

Iluminación (lighting).- La iluminación es uno de los principales aspectos que realiza el motor de video juego en la que se ilumina sea por pixel o por vértice. La iluminación también puede variar dependiendo la configuración que realice el programador. La iluminación es un proceso complejo al desarrollar un videojuego puesto que una iluminación cercana a lo "perfecto" puede dar un aspecto visual al juego espectacular. El sombreado es otro factor sumamente importante y que reacciona mediante la luz, si el mundo obtiene buena iluminación también tendrá un buen sombreado.



Figura 25. Iluminación en objetos con luz propia.

Scripting Systems (Sistemas de scripting).- El scripting le permite al diseñador tomar el mando de la escena y manipularla, como colocar objetos o eventos que el jugador no puede controlar o modificar. Resulta muy complicado, se necesita de una mente muy metódica y lógica, la mayoría de estos scripts se basan en lenguaje C++.

- **Visual Scripting Systems:** Permite manejar el script en un ambiente virtual en lugar de un código escrito, se maneja un carácter real en un ambiente del juego real.

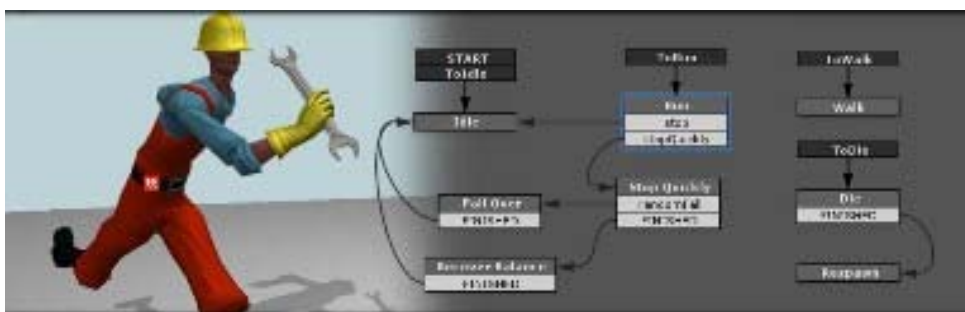


Figura 26. Configuración de controles mediante Scripts. Fuente:

<http://www.hutonggames.com/>

Sonido.- También son controlados con ayuda del DirectX, obviamente teniendo una organizada biblioteca musical relacionada al entorno que el jugador se encuentre dentro del terreno, estos varían dependiendo el lugar o la acción que se desarrolle, también se pueden implementar pistas de audio en formatos compatibles y de bajo peso virtual por ejemplo se utilizara pistas para la presentación del juego o el entorno.



Figura 27. Simulación auditiva. Fuente: <http://www.biomimesis.fr/>

Mapeo MIP: Consiste en preprocesar las texturas creando múltiples copias del mismo cada una la mitad del anterior, esto porque si la textura solo es pegada al polígono cada textura es a cada píxel y tomara más tiempo de render; así cada Texel (elemento de Textura) toma menos espacio.

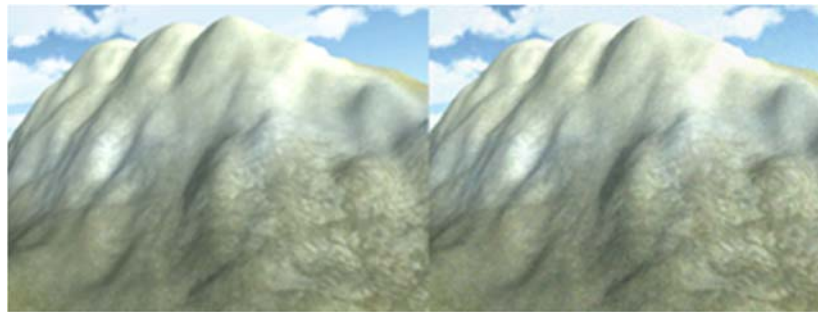


Figura 28. Comparación Mapeo MIP. Fuente: <http://www.blitzbasic.com/>

Antialiasing: El anti-aliasing revisa los polígonos y difumina los bordes y vértices, para que los bordes no se vean como dentados. Esta técnica se puede hacer de dos maneras. La primera se realiza de modo individual, entremezclando polígonos para sobreponerlos unos delante de otros.



Figura 29. Comparación Antialiasing en sistemas Xbox360 y PS3.

Fuente: <http://www.hardwaremax.it/>

1.6.3.3. COMPATIBILIDAD

Habitualmente es la condición que se realiza entre un programa y un sistema, arquitectura o aplicación virtual en la que logren entenderse correctamente tanto directamente o indirectamente (mediante un algoritmo). Una buena emulación consiste en utilizar un algoritmo, denominado emulador que simula ser el sistema, arquitectura o aplicación virtual para el cual el programa está preparado, el emulador modifica los comandos del programa en memoria para que el sistema pueda interpretarlo como si estuviera especialmente diseñado para él.

Hoy en día los programas están diseñados con OpenSource o código abierto, donde el programador pueda rediseñar el código para una correcta compatibilidad con el sistema.

En cuestión de los motores de video juegos, la mayoría de estos programas son compatible para plataformas o sistemas operativos como:

- Microsoft Windows
- Mac OS X
- GNU/Linux
- Ubuntu
- Linpus Linux

Se debe tomar en cuenta que el rendimiento de los motores gráficos dependerá de la velocidad de procesamiento del ordenador y su óptima compatibilidad con el sistema operativo.

1.6.3.4. PLATAFORMAS

Una **plataforma** es un sistema que sirve de base para que funcionen determinados módulos de hardware o de software con los que es compatible. Son sistemas que están definidos por un estándar alrededor del cual se determina una arquitectura de hardware y una plataforma de software (incluyendo aplicaciones).

Se establecen los tipos de arquitectura, sistema operativo, lenguaje de programación o interfaz de usuario.

Existen programas multiplataforma que pueden ejecutarse en diversas plataformas, como también emuladores, que son programas ejecutables desde una plataforma emulando su funcionamiento, como por ejemplo UAE, que emula el hardware de un Amiga, o VICE, un emulador de los legendarios Commodore 8 bits.

Por otro lado se plantea “plataforma cruzada” que se refiere a la capacidad de un software para correr de modo idéntico sobre plataformas diferentes. Muchas aplicaciones de Windows y Macintosh, ahora producen archivos compatibles en lo binario, lo que permite a los usuarios cambiar de una plataforma a otra sin convertir sus datos a un nuevo formato, por ejemplo, el entorno de programación de plataforma cruzada permite al programador, desarrollar programas para muchas plataformas paralelamente.

1.6.3.4.1.-Tipos de Sistemas Operativos

Esta clasificación es conocida desde el punto de vista del usuario:

Por el número de usuarios

- **Monousuarios:** Son aquéllos que soportan a un usuario a la vez, sin importar el número de procesadores que tenga la computadora o el número de procesos o tareas que el usuario pueda ejecutar en un mismo instante de tiempo. Las computadoras personales son un ejemplo.

- **Multiusuarios:** Los sistemas operativos multiusuarios son capaces de dar servicio a más de un usuario a la vez, ya sea por medio de varias terminales conectadas a la computadora o por medio de sesiones remotas en una red de comunicaciones. No importa ni el número de procesadores ni el número de usuarios, se puede ejecutar simultáneamente.

Por el número de tareas

- **Multitareas o multiprogramación:** Es aquél que le admite al usuario estar realizando varias labores al mismo tiempo. Por ejemplo, puede estar editando un programa durante su depuración mientras compila otro programa, a la vez que está recibiendo correo electrónico. Es común encontrar en ellos interfaces gráficas orientadas al uso de menús y el ratón, lo cual permite un rápido intercambio entre las tareas para el usuario, mejorando su productividad. En general, los sistemas de multiprogramación se caracterizan por tener variados programas activos compartiendo los recursos del sistema. Sistemas Operativos como UNIX, Windows 95, Windows 98, Windows NT, MAC-OS, OS/2, soportan la multitarea.

Por el número de procesadores

- **Uniproceto:** Un sistema operativo uniproceto es aquél que es capaz de manejar solamente un procesador de la computadora, de manera que si la computadora tuviese más de uno le sería inútil. El ejemplo más típico de este tipo de sistemas es el DOS y MacOS.
- **Multiproceto:** Se refiere al número de procesadores del sistema, que es más de uno y éste es capaz de usarlos todos para distribuir su carga de trabajo. Generalmente estos sistemas trabajan de dos formas: simétrica o asimétricamente. Cuando se trabaja de manera asimétrica, el sistema operativo selecciona a uno de los procesadores el cual jugará el papel de procesador maestro y servirá como pivote para distribuir la carga a los demás procesadores, que reciben el nombre de esclavos. Cuando se trabaja de manera simétrica, los procesos o partes de ellos son enviados indistintamente a cualquiera de los procesadores disponibles, teniendo, teóricamente, una mejor distribución y equilibrio en la carga de trabajo.

Sistemas Operativos de Red.

Los sistemas operativos de red se definen como aquellos que tienen la capacidad de interactuar con sistemas operativos en otras computadoras por medio de un medio de transmisión con el objeto de intercambiar información, transferir archivos, ejecutar comandos remotos y un sin fin de otras actividades.

Los Sistemas Operativos de red más ampliamente usados son: Novell Netware, Personal Netware, LAN Manager, Windows NT Server, UNIX, LANtastic.

Sistemas operativos de tiempo real.

Son aquellos en los cuales no tiene importancia el usuario, sino los procesos. Por lo general, están subutilizados sus recursos con la finalidad de prestar atención a los procesos en el momento que lo requieran. Se utilizan en entornos donde son procesados un gran número de sucesos o eventos. Muchos Sistemas Operativos de tiempo real son contruidos para aplicaciones muy específicas como control de tráfico aéreo, bolsas de valores, control de refinerías, control de laminadores.

Algunos ejemplos de Sistemas Operativos de tiempo real son: VxWorks, Solaris, Lyns OS y Spectra.

Sistemas operativos paralelos.

La tecnología detrás de este tipo de Plataformas permite que dos o más procesos, que compiten por algún recurso se puedan realizar o ejecutar al mismo tiempo.

1.6.3.5. SOFTWARE PARA MODELADO Y ANIMACIÓN 3D

Un Software de gráficos 3D es el conjunto de aplicaciones que admiten la creación y manipulación de gráficos 3D. Estas aplicaciones son usadas tanto para la creación de imágenes como en la animación por computadora.

Existen varias aplicaciones de modelado y animación 3D, las más utilizadas en el mercado son:

- **3D Studio Max:** Fue originalmente escrito por Kinetix (una división deAutodesk) como el sucesor de 3D Studio. Más tarde Kinetix se fusionaría con

la última adquisición de Autodesk. Es el líder en el desarrollo 3D de la industria del videojuego y es muy utilizado a nivel amateur.

- **Blender:** Programa de creación de contenido 3D que abarca desde el modelado y animación hasta la composición y renderización de escenas en 3D. Es software libre, y cuenta con características como soporte para programación script, posee un engine robusto para la programación de juegos, un motor de render propio y una comunidad de usuarios totalmente abierta y dispuesta a colaborar en línea.
- **Lightwave 3D:** Fue originalmente desarrollado por Amiga Computers a principios de la década de los 90. Más tarde evolucionó en un avanzado paquete gráfico y animación 3D. Actualmente disponible para Windows, Mac OS y Mac OS X. El programa consiste en dos componentes: el modelador y el editor de escena. Es utilizado en multitud de productoras de efectos visuales como Digital Domain.
- **Maya:** Es quizá el software más popular en la industria, por lo menos hasta 2003. Es utilizado por multitud de importantes estudios de efectos visuales en combinación con RenderMan, el motor de render fotorrealista de Pixar.
- **Softimage XSI:** El contrincante más grande de Maya. En 1987, Softimage Inc, una compañía situada en Montreal, escribió Softimage 3D, que se convirtió ágilmente en el programa de 3D más popular de ese período. En 1994, Microsoft compró Softimage Inc. y comenzaron a reescribir SoftImage 3D para Windows NT. El resultado se llamó Softimage XSI. En 1998 Microsoft vendió Softimage a Avid.

También constan otras que no se han ganado la aceptación general, pero que proporcionan avanzadas características:

- **Caligari trueSpace:** una aplicación 3D integrada, con una interfaz muy intuitiva. Una característica distintiva de esta aplicación es que todas las fases de creación de gráficos 3D son realizadas dentro de un único programa. No es tan avanzado como los paquetes líderes, pero provee características como simulación de fenómenos físicos (viento, gravedad, colisiones entre cuerpos).
- **Cinema4d:** Motor de render rápido, cálculo de radiosidad.

- **POV-Ray:** Un avanzado programa gratuito de Raytracing. Usa su propio lenguaje de descripción de escena, con características como macros, bucles y declaraciones condicionales. Es completamente gratuito aunque no fue lanzado bajo GPL. No incluye modelador.
- **RealSoft3D:** Modelador 3D para Linux y Windows. Incluye rénder.
- **Rhinoceros 3D:** Un potente modelador bajo NURBS.
- **SketchUp:** Programa de modelado 3D adquirido por Google. Existe una versión gratuita y una versión SketchupPro. La razón por la que Google adquirió SketchUp (antes llamado @Last Software) es para mejorar los plugins del programa de mapas en 3D Google Earth. En 2012, Trimble adquirió Sketchup de Google.

1.6.4. GEOGRAFÍA

1.6.4.1. CONCEPTO Y ETIMOLOGÍA

Proviene del griego “geographia, compuesto de "η γη" la tierra y "γραφειν" describir, dibujar.

Según su etimología la geografía es una ciencia, encargada del estudio de la descripción o representación gráfica del planeta tierra. En un sentido más formal, es la ciencia que estudia la superficie terrestre, las sociedades, territorios, paisajes, lugares o regiones interrelacionadas que la conforman.

La palabra Geografía viene siendo utilizada desde los años 200 a.C según la obra hoy en día perdida de Erastostenes¹⁰. Para los griegos la geografía fue considerada como la descripción racional de la Tierra.

La Geografía en tiempos modernos se ha convertido en una ciencia principalmente dedicada a la explicación de fenómenos naturales y sociales, estudiando tanto su ubicación como su evolución, este objetivo ha obligado a que esta disciplina se ramifique en dos, Geografía Física y Geografía Humana. Estas se basan en fundamentos físicos, humanos, demográficos, culturales, climáticos biogeográficos y geomorfológicas que se presentan en cada región. Para esta investigación se visitará

¹⁰ Matemático, astrónomo y geógrafo griego, de origen cirenaico.

los lugares por donde el sistema férreo circula, logrando captar todos los por menores de la geografía circundante.

1.6.4.1. HISTORIA

En la antigua Grecia se acumularon y sistematizaron los conocimientos geográficos, las teorías y prácticas de lo que en ese momento podía haberse denominado Geografía. Los romanos se encargaron de continuar con los estudios y en la edad media, los árabes captaron todo el conocimiento que hasta ese entonces había sido descubierto y lo desarrollaron.

Claudio Ptolomeo¹¹ fue quien expuso una teoría que sería aceptada por los estudiosos de aquella era, donde se consideraba al planeta tierra como el centro del universo, haciéndose mapas circulares que inclusive contenían a la ciudad de Jerusalén en el centro de la Tierra. A medida que el tiempo continuó su avance aparecieron teoría nuevas, como la heliocéntrica de Nicolás Copérnico¹², la teoría de la forma esférica de la Tierra de Galileo Galilei, la Ley de gravitación universal de Isaac Newton, las mismas que hasta el día de hoy se mantienen, obligaron a la modernización de la ciencia, y por ende de la Geografía conocida, obligándose así a la creación de nuevos mapas.

Grandes cambios se dieron en la historia de la Geografía, considerándola tan valiosa que en el siglo XIX esta disciplina comenzó a ser enseñada en primaria y secundaria, en el siglo XX la Geografía se desarrolló en base a tradiciones y paradigmas de estudio, naciendo muchos, variados e interesantes ramas en esta ciencia.

En el siglo XXI la situación por la que atraviesa la Geografía tiene dos lados, el primero donde se inicia un desvanecimiento de la importancia de esta en la sociedad, su valor académico decae abruptamente, dejándose de enseñar en muchas instituciones por considerarla poco importante, por el otro donde las nuevas tecnologías conocidas como geográficas, generan un interés en personas de toda edad, ampliando conocimientos sobre la superficie terrestre, cambiando la Geografía a una nueva denominada Neogeografía que narra “El paso de una Geografía

¹¹ Astrónomo, astrólogo, químico, geógrafo y matemático greco-egipcio.

¹² Matemático, astrónomo, jurista, físico, clérigo católico, gobernador, líder militar, diplomático y economista.

académica a la nueva Geografía se caracteriza por un desdibujamiento de los límites entre los roles tradicionales de sujetos productores, comercializadores y consumidores de información geográfica. En la neogeografía, la libertad es lo primero, no obedeciendo a ningún criterio de aquellos que han definido a la ciencia de la Geografía ni de la Geomática¹³»

1.6.4.2. DISCIPLINAS

La Geografía se divide en dos ramas de acuerdo a como se la maneja, estas son la geografía general y la geografía regional. La general se ocupa de hacer un estudio a las hechos físicos y humanos, por otro lado la regional se ocupa de un territorio de forma más sintética.

La Geografía general posee diversas subdisciplinas, vinculadas directamente con ciencias auxiliares y que pueden comunicarse entre sí; Realiza un estudio en base a varias ciencias que están relacionadas por el objeto de estudio. Como su campo de estudio es muy amplio esta a su vez se divide en dos grupos, la Geografía Física y la Humana

La Geografía física, la misma que será utilizada en gran parte en este proyecto es una rama de la Geografía, que se encarga del estudio de forma sistémica y espacial de la superficie terrestre y del espacio geográfico natural, según Straler, la geografía física se preocupa de los procesos resultantes del flujo de radiación solar que dirige las temperaturas de la superficie junto a los movimientos de los fluidos, y el flujo de calor desde el interior de la Tierra que se manifiesta en los materiales de los estratos superiores de la corteza terrestre.

Al estudiar el medio físico, se encargan de estudiar los principales elementos que lo estructuran, correspondientes al relieve, las aguas terrestres, la vegetación, la fauna, el clima y el suelo, cada uno de ellos ha sido capaz de originar nuevas ciencias.

Por otro lado la Geografía Humana se centra en el estudio de las sociedades y territorios, así como también al ser humano, sus reacciones respecto al entorno y los

¹³ Término científico moderno que hace referencia a un grupo de ciencias que integran medios para la captura, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica.

cambios que estos experimentan. Dentro de esta rama encontramos a la Geografía del Transporte, la misma que está encargada de los sistemas de transporte, la configuración y características de las redes de transporte, el flujo sobre estas redes y toda clase de problemas relacionados con el transporte, siendo disciplinas afines la economía y la historia del transporte.

1.6.5. TRANSPORTE

1.6.5.1. CONCEPTO E HISTORIA

Según el diccionario de la RAE¹⁴, la palabra transporte puede definirse como el “sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro” o bien un vehículo dedicado a tal misión.

El transporte comercial moderno actualmente se encuentra al servicio del interés público y se incluyen en él todos los medios e infraestructuras que participan en el traslado de personas o bienes, de igual manera los servicios de recepción, entrega y manipulación de bienes. Pudiendo el transporte clasificarse en dos grupos, servicio de pasajeros y transporte de mercancías. Al igual que en todo el mundo la llegada del transporte representó progreso pero también atraso de las civilizaciones y culturas.

En el precolombino los incas crearon un rudimentario pero sumamente eficiente sistema de caminos que se encargaban de unir su imperio a lo largo y ancho, sirviendo así de vía para movilización a pies o sobre una llama y traslado de mercadería. Otros pueblos de estos tiempos utilizaron canoas como medio de desplazamiento y comunicación.

Con la conquista española los cambios en los medios de transporte fueron evidentes, el marítimo fue el principal modo de comunicación y transporte de mercancía, para mejorar la movilidad se construyeron puertos en mares y ríos.

En el siglo XX, la creación de corporaciones enormes dio impulso a la producción de vehículos de diversos tipos, tanto para uso particular como para el transporte público y de mercancías, incluyendo también la exportación a terceros países.

¹⁴ Real Academia de la Lengua Española

1.6.5.2. MEDIOS DE TRANSPORTE

Existe una clasificación general de cinco medios de transporte que son: acuático, por carretera, ferroviario, aéreo y oleoducto, de ellos será necesario conocer sobre el ferrocarril.

1.6.5.2.1. FERROCARRIL

Por el año 1830, cuando la línea férrea Stephenson¹⁵ inició su funcionamiento en Inglaterra, en Estados Unidos existían 1.767 Km de ferrocarriles de vapor, hasta el año 1839 había incrementado a 8.000 Km, creciendo espectacularmente hasta el año de 1910. El primer ferrocarril de Estados Unidos se estableció en 1827 aunque verdaderamente su desarrollo inició el 4 de julio de 1828 con el ferrocarril de Baltimore y Ohio.

A partir de 1850 el ferrocarril como medio de transporte empezó su expansión en América Latina. Se creó una red ferroviaria financiada con capital francés, inglés y estadounidense, que si bien benefició el transporte de mercancía y pasajeros, se diseñó en base a las necesidades comerciales de sus propietarios y sus países de origen y no en base a las necesidades de los pueblos latinoamericanos.

En 1945 Brasil, Argentina y México poseían un 75% del tendido ferroviario de América Latina, lo que contribuyó a que se convirtieran en los tres líderes de Latinoamérica, pero fueron en estos años también que el tren dio paso al transporte de por carretera, dejando a un lado al transporte férreo tanto de pasajeros como de mercancías. Por lo que casi todo el sistema férreo de América Latina se detuvo por no ser beneficioso para sus dueños bajo un falso discurso nacionalista.

¹⁵ Primera línea ferroviaria con transporte de pasajeros que utilizó locomotoras a vapor (Canterbury-Withstable, 1830)

1.6.6. DISEÑO

Etimológicamente deriva del término italiano “disegno” dibujo, designio, signare, signado "lo por venir", el porvenir, visión representada gráficamente del futuro, lo hecho es la obra, lo por hacer es el proyecto, el acto de diseñar como prefiguración es el proceso previo en la búsqueda de una solución o conjunto de las mismas. Plasmar el pensamiento de la solución o las alternativas mediante esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquiera de los soportes, durante o posteriores a un proceso de observación de alternativas o investigación. Es el proceso previo de configuración mental, en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Utilizado habitualmente en el contexto de la industria, ingeniería, arquitectura, comunicación y otras disciplinas creativas.

El acto intuitivo de diseñar podría llamarse creatividad como acto de creación o innovación si el objeto no existe o se modifica algo existente inspiración, abstracción, síntesis, ordenación y transformación.

Referente al signo, significación, designar es diseñar el hecho de la solución encontrada. Es el resultado de la economía de recursos materiales, la forma, transformación y el significado implícito en la obra, su ambigua apreciación no puede determinarse si un diseño es un proceso estético correspondiente al arte cuando lo accesorio o superfluo se antepone a la función o solución del problema.

El acto humano de diseñar no es un hecho artístico en sí mismo, aunque puede valerse de los mismos procesos en pensamiento y los mismos medios de expresión como resultado; al diseñar un objeto o signo de comunicación visual en función de la búsqueda de una aplicación práctica, el diseñador ordena y dispone los elementos estructurales y formales, así como dota al producto o idea de significantes si el objeto o mensaje se relaciona con la cultura en su contexto social.

El verbo "diseñar" se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto o medio de comunicación (objeto, proceso, servicio, conocimiento o entorno) para uso humano. El sustantivo "diseño" se refiere al plan final o proposición determinada fruto del proceso de diseñar: dibujo, proyecto, plano o descripción técnica, maqueta al resultado de poner ese plan final en práctica (la imagen, el objeto a fabricar o construir).

Diseñar requiere principalmente consideraciones funcionales, estéticas y simbólicas. El proceso necesita numerosas fases como: observación, investigación, análisis, testado, ajustes, modelados (físicos o virtuales mediante programas de diseño informáticos en dos o tres dimensiones), adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto industrial, construcción de obras ingeniería en espacios exteriores o interiores arquitectura, diseño de interiores, o elementos visuales de comunicación a difundir, transmitir e imprimir sean: diseño gráfico o comunicación visual, diseño de información, tipografía. Además abarca varias disciplinas y oficios conexos, dependiendo del objeto a diseñar y de la participación en el proceso de una o varias personas.

Diseñar es una tarea compleja, dinámica e intrincada. Es la integración de requisitos técnicos, sociales y económicos, necesidades biológicas, ergonomía con efectos psicológicos y materiales, forma, color, volumen y espacio, todo ello pensado e interrelacionado con el medio ambiente que rodea a la humanidad. De esto último se puede desprender la alta responsabilidad ética del diseño y los diseñadores a nivel mundial. Un buen punto de partida para entender éste fenómeno es revisar la Gestalt y como la teoría de sistemas aporta una visión amplia del tema.

Tal es la importancia del diseño que el filósofo Vilém Flusser, propone, en su libro Filosofía del diseño, que el futuro depende del diseño.

1.6.6.1. PRINCIPIOS DEL DISEÑO GRÁFICO



Figura 30. Retícula de Van der Graaf. Fuente: <http://makeitblue.me/>

Al observar un folleto, un tríptico, una revista, un libro o cualquier documento impreso que está bien diseñado, es muy común que algo internamente nos diga: “Está bien hecho. Se ve bien”, esto debido a que el diseñador ha empleado de manera correcta los principios básicos

de diseño, permitiendo con ello realzar su trabajo creativo, y por ende, el mensaje que se quiere comunicar.

- **Equilibrio o Balance**

Se refiere a la posición de los elementos dentro de la composición. Como punto de partida se puede manejar dos tipos de balance:

- 1. Balance simétrico o formal**

Todos los elementos están distribuidos simétricamente con respecto a un eje de composición. Se emplea en diseños de carácter conservador o de apariencia clásica. Su aspecto formal puede reflejar fortaleza, estabilidad o dignidad. Aunque un balance simétrico limita las posibilidades de posición de los elementos (textos, fotos y espacios) en la maquetación, esto no limita la imaginación, por ejemplo en la maqueta encontramos un adecuado equilibrio de las líneas del diseño de las estaciones.

- 2. Balance asimétrico o informal**

Un balance informal, permite incrementar las posibilidades en la colocación de los elementos dentro de una composición, pues dichos elementos no tienen que estar estrictamente centrados. Se pueden emplear distintos tamaños, formas y contrastes, además de modificar su posición dentro de la maquetación.

Diseñar bajo este estilo de composición resulta menos estricto y genera un resultado más informal y relajado que el balance simétrico. Además al “jugar” con los tamaños, formas y contrastes, permite guiar al ojo intencionadamente a través de la información para llevarlo a los puntos de interés, por ejemplo la ubicación de los elementos electrónicos y ornamentales presentes en la maqueta.

- **Proporción o Contraste**

La proporción es la relación de los objetos dentro de la composición con respecto al tamaño del documento (formato), así como respecto al tamaño, forma y color de los elementos entre sí. Lo más importante al hablar de proporción o contraste es no realizar todo al mismo tamaño. Dentro de un mensaje siempre hay elementos más importantes, otros menos, y reflejar esa importancia por medio del

aumento o reducción de tamaño (de proporción), generará limpieza y ganará atención e interés en el mensaje contenido dentro del documento. Por ejemplo la proporción que existe entre las elevaciones geográficas y la escala de las estaciones.

- **Jerarquía o Dominancia**

Todo buen diseño tiene algo que atrae, que domina y sobre lo que gira la comunicación del mensaje diseñado. Ayuda al lector a encontrar qué es lo más importante, lo que se requiere se lea o lo que tiene que atraer desde el primer vistazo. Este elemento dominante debe tener impacto, capturar rápidamente la atención e interés del lector.

Emplear los principios de proporción y contraste en algunos de los elementos de un diseño (texto, foto o espacio) despertará interés. También el color puede transmitir este mensaje de dominancia si genera el adecuado contraste con el color base. El elemento dominante siempre debe ir directo a los ojos del lector. Por ello, reserva suficiente espacio alrededor de él para que con ese aislamiento, sea más atractivo. Por ejemplo en la maqueta podemos encontrar una jerarquía mayor en las estaciones, resaltando en todo momento.

- **Ritmo**

Colocar los distintos elementos de una composición en direcciones contrarias permite aumentar la sensación de movimiento, agilidad y rapidez.

Se debe procurar no abusar de este principio, ya que se puede crear confusión o una sensación de desorganización. Su empleo ayuda a destacar el mensaje. Por ejemplo en la ubicación de las ventanas y sillas presentes en cada estación.

- **Unidad**

Principio básico de composición en la comunicación visual que en definitiva ayuda a la transmisión del mensaje de cualquier diseño. La unidad es lo que da coherencia a toda la composición y nos indica si el diseño está bien construido.

Para cuidar la unidad del diseño, es indispensable vigilar los espacios en blanco del diseño en relación con las zonas “manchadas”. Debe haber una cantidad de espacio entre las distintas zonas acorde al carácter del mensaje. También se pueden traslapar textos sobre fotografías para agrupar conceptos, o utilizar marcos y líneas para integrar y unificar partes del mensaje. Por ejemplo encontramos unidad, en las rieles del tren, en la uniformidad de colores, materiales, luces y forma de las estaciones.

1.6.6.2. TEORÍA DEL COLOR

1.6.6.2.1. HISTORIA

Con el filósofo griego, Aristóteles (384 – 322 a.C.) inicia la historia del color el occidente, siendo el primero en definir la formación de colores a través de la combinación de cuatro colores básicos, representantes de la tierra, el fuego, el agua y el cielo, y la incidencia de la luz sobre los mismos.

En el renacimiento, fue Leonardo DaVinci (1452 – 1519) quien definió al color como algo propio de la materia, estableciendo como colores básicos al blanco como color principal de recepción de los demás, el amarillo para la tierra, verde para el agua, azul para el cielo, rojo para el fuego y negro para la oscuridad y por medio de la mezcla se podían obtener todos los demás.

En 1665 Isaac Newton (1642 – 1719) se estableció que el color son longitudes de onda, cuando descubrió que la luz del sol al pasar a través de un prisma se dividía en varios colores que conforman el espectro lumínico visible. Estos colores son el rojo, el naranja, el amarillo, el verde, el azul celeste, azul violáceo, el añil. Efecto fácilmente comprobable en el arcoíris.

El ser humano ante la exposición a los colores tiene ciertas reacciones fisiológicas y psicológicas, siendo esto estudiado y probado por Johann Goethe (1749 – 1832).

1.6.6.2.2. DESCOMPOSICIÓN DE COLORES

Primarios o colores luz.- Son también llamados RGB, son los tres colores principales de la composición de la luz. Estos tres son colores sustractivos, esto quiere decir que al interponerse uno contra otro reducen o cambian su color, es por ello que la suma de los tres colores da origen a al Blanco (LUZ).

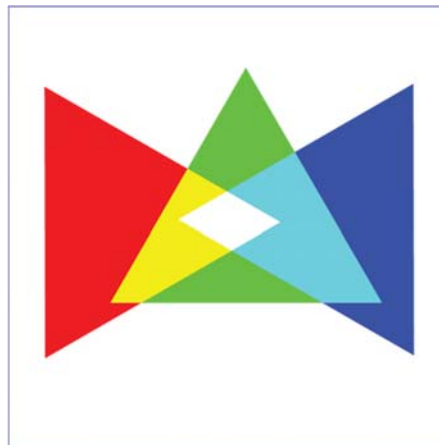


Figura 31. Sistema de colores primario o RGB.

Cuando un color es percibido por el ojo humano, los que colores que realmente están actuando son aquellos que hacen falta a este para convertirse en luz. Con lo podríamos concluir que el efecto que producen los colores es opuesto a la realidad.

Los monitores del computador son máquinas RGB y reproducen el color en 16,7 millones. Usa 3 canales que contienen 24 bits por pixel, concepto utilizado en video, teatro y en computadores.

Colores complementarios.- Estos son colores pigmento o de impresión, son los usualmente manejados y se forman a partir de combinaciones de colores luz y son: azul, rojo y amarillo, en su forma original se los denomina, Cian, Magenta y Amarillo, también llamados colores puros.



Figura 32. Sistema de colores complementarios o CMYK.

Del nombre original de estos colores nacen las siglas CMYK con las que se maneja la imagen a ser impresa. La K adicional representa al color negro que hace falta para completar una gama completa de colores. Los colores CMYK, son usados para impresión y separación de colores.

1.6.6.2.3. MANEJO DEL COLOR POR COMPUTADORA

El software gráfico maneja las imágenes por medio de la manipulación de canales, los cuales representan información acerca de los elementos del color de una imagen. El uso de estos canales permite la manipulación en formas sofisticadas.

El usuario puede ajustar un solo elemento del color en la imagen, comparar el color de las imágenes analizando y ajustando sus respectivos canales y usar canales para adicionar detalle a una imagen que pueden ser modificados o removidos posteriormente.

Tabla I. II
Tipos de imágenes

NOMBRE	CANALES
GRAYSCALE	16K Gray Scale
DUOTONO	16K Monotono Duotono Tritono Tetratono
INDEXED COLOR	16K Indexed Color
RGB COLOR	48K Red Green Blue
CMYK	60 K Cyan Magenta Yellow Black
HSL COLOR	48K Tono Saturación Luz
HSB COLOR	48K Tono Saturación Brillo
MULTICHANNEL	16K 1 2

1.6.7. PÚBLICO OBJETIVO

Por definición en el campo del marketing el Público Objetivo, también denominado Target, es el público al que se dirigen las acciones de comunicación y/o se quiere vender el producto o servicio. Por lo que es indispensable tenerlo claramente definido e identificado para aumentar las posibilidades de acierto al momento de aplicar estrategias de marketing.

Se debe conocer que cada público objetivo requiere de un lenguaje, imagen, precio, canales de comunicación y canales de distribución, específicos. Esto debido a que además de influir mucho las cuestiones estéticas, en el fondo las necesidades y recursos son diferentes, por lo que si no se estudiase al Público Objetivo la estrategia estaría incorrectamente aplicada por lo tanto los resultados serían catastróficos.

1.6.7.1. CARACTERÍSTICAS

En un primer momento se debe establecer el perfil del cliente a quien se ofrecerá el producto o servicio, para ello es necesario constituir particularidades o características que lo definan. Iniciando por el tipo de cliente, es decir si será una persona, una empresa o un negocio o una combinación de estos, es importante la definición de rasgos demográficos del cliente, y demás características que nos permitan resolver ciertos cuestionamientos como:

- ¿Quiénes serán los consumidores finales?
- ¿Cuántos clientes serán?
- ¿Dónde están ubicados?
- ¿Qué necesidades tienen?
- ¿Qué hábitos de compras tienen?
- ¿Cómo satisfacen actualmente esas necesidades?
- ¿Cómo adquieren el producto o servicio?
- Grado de dependencia con sus proveedores actuales
- ¿Qué factores son más valorados por los clientes: Precio, calidad, servicio post-venta?

Es de suma importancia determinar si las ventas van a concretarse a un reducido número de clientes o si va a ser diversificado.

1.6.7.2. SEGMENTACIÓN DE MERCADOS

Aun cuando mediante un análisis muy general se puede determinar el conjunto de cliente potenciales, se debe tomar en cuenta que no todos los clientes tendrán un comportamiento homogéneo frente a la adquisición o valoración de un producto o servicio. Con este fin se creó la segmentación de mercados, disminuir aún más la posibilidad de error, agrupando al total de clientes potenciales en segmentos más específicos, las segmentaciones habitualmente utilizadas, aunque pudiese crearse nuevas, son:

Segmentación demográfica.- Agrupa a los clientes en función de los atributos personales como la edad, el sexo, nivel de vida, nivel educativo, profesión, lugar de domicilio, en el caso de clientes particulares y en el caso de empresas atributos como el sector empresarial, volumen de facturación, número de empleados, número de sucursales, etc.

Segmentación geográfica.- Agrupa a los clientes en función del lugar donde viven, trabajan o donde desean comprar o adquirir el producto o servicio, por lo general la ubicación es la principal determinante para un cliente al momento de realizar una compra.

Segmentación de valor añadido.- En este caso los clientes se ven agrupados en base a las características diferenciales que los clientes encuentran en el producto o servicio frente a los de la competencia, pudiendo los clientes fidelizarse con la marca por cierta característica dejando a un lado el precio.

Las segmentaciones no son excluyentes, es decir pueden realizarse más de una a la vez con la finalidad de asegurar la identificación de los clientes. Por ello el proceso de segmentación debería responder a tres factores:

- Factores que condicionan qué se compra
- Factores que condicionan por qué se compra
- Factores que condicionan quién compra

1.6.8. DIORAMA

1.9.8.1 CONCEPTO

Un diorama es el conocimiento llevado a la máxima expresión del modelismo de escenarios en miniatura total o parcialmente tridimensional, el cual incluye figuras humanas, objetos, maquinas, animales, que se unen para formar un ambiente realista de un evento o lugar, por lo general son contruidos dentro de estructuras protegidas para su conservación, también depende su tamaño del espacio disponible y el tiempo que se dedique a realizar un ejemplar.

El término “Diorama” fue acuñado por Louis Daguerre ¹⁶en 1822 para un tipo de expositor rotativo. Fue popularizado a fines del siglo XIX y principios del XX por Frank Chapman, conservador asociado del Museo Americano de Historia Natural.



Figura 33. Diorama. Battle of Bosworth. Fuente: John Taylor

¹⁶ **Louis-Jacques-Mandé Daguerre**, más conocido como **Louis Daguerre**, Francia 1787 - 1851, fue el primer divulgador de la fotografía, tras inventar el daguerrotipo, y trabajó además como pintor y decorador teatral.

Los dioramas son medios de enseñanza atrayentes, sobre todo para los primeros grados de la educación escolar igualmente para la educación secundaria como universitaria, siendo estos de mayor complejidad y sumando una tecnología vanguardista.

Hoy en día las modernas técnicas de tratamiento computarizado, en imagen digital, pueden representar las imágenes como si fueran dioramas, esta pudiera ser la versión audiovisual moderna del antiguo diorama, un medio que no pierde presencia a pesar de los años.

1.6.8.2. CARACTERÍSTICAS

La realización de un diorama es la representación imaginada del mismo, la idea básica a la que se trata de dar forma, entre las principales características se tiene:

La pintura.- Por lo general su utiliza pintura acrílica

Iluminación.- Los dioramas poseen una iluminación adecuada a su tamaño, también poseen luces en su interior, como por ejemplo casa, edificios o hasta linternas de pequeños personajes.

Terrenos y estructuras.- para la elaboración de esta parte se utiliza resina y moldes, igualmente se utilizan pequeños pedazos de madera previamente diseñados para el entorno.

Modelado de figuras.- Se debe tener conocimiento de anatomía básica para la elaboración de personajes, también se realiza un proceso con el fin de fabricar diversos moldes para ser fundidos habitualmente en plomo

1.6.8.3. TIPOS DE DIORAMA

Existen tres tipos fundamentales:

- Los dioramas abiertos, son diseñados para ser observados desde diversos puntos en un entorno cerrado.



Figura 34. Diorama abierto educativo de exposición. Fuente:
<http://www.eurobricks.com/>

- Los dioramas de caja: son realizados dentro de una caja de dimensiones variables y que por lo general tienen superficies laterales y por detrás donde se pinta un fondo que sirve de ambiente a las figuras que se representan.



Figura 35. Diorama de caja, representación largometraje “El niño del pijama a rayas”. Fuente: <http://blog.educastur.es/>

- Los dioramas de libro: se ejecutan en forma plana como si fueran las páginas de un libro, pero que cuando se abre, las figuras montadas sobresalen del fondo, formando una ilusión óptica de tres dimensiones de un evento o lugar.



Figura 36. Diorama de Libro, narración colección libros “Harry Potter”.

Fuente: <http://www.donnabook.com/>

De igual manera también se tiene dioramas diseñados según su terreno, zonas, paisajes y mixtos representando escenas de momentos históricos, procesos biológicos, mapas geográficos y muchos temas más.

1.6.8.4.PARTES DE UN DIORAMA

Un diorama resulta ser la interpretación de una escena, tal y como en un teatro, por lo tanto varios términos son similares.

1. El fondo o foro

Es el dibujo que limita el campo de acción de la escena que se representa. Puede estar formado por distintos planos que dan idea de profundidad o dibujado en perspectiva, con lo que se obtiene el mismo efecto. Los laterales o bastidores. Son pequeños dibujos que han de cubrir distintos espacios de la escena, que pueden ser vegetación, rocas, edificios, muebles, etc. Estos elementos ayudan a dar profundidad al diorama, que es uno de sus principales atractivos.



Figura 37. Fondo de diorama ferroviario europeo. Fuente:

<http://bouldervalleymodels.com/>

2. La escena

Constituye la acción o motivo principal del diorama y puede estar constituida por diferentes figuras. Las principales que constituyen el eje del asunto y pueden ser una o varias. Las secundarias son las que generalmente completan la escena; animales, personas, objetos, muebles y otros. Los dioramas pueden ser estáticos o dinámicos. En los primeros las figuras son fijas, mientras que en los segundos se puede lograr cierto movimiento de las mismas por medio de hilos amarrados a ellas. También se pueden acompañar de efectos de luces, humo, sonido y otros medios que hagan más real la representación de lo que se ha mostrado en ellos.



Figura 38. Escena diorama representativo de la segunda guerra mundial. Fuente:

<http://www.taringa.net/>

3. Figuras

Las figuras pueden ser dibujadas expresamente para el diorama o recortadas de láminas adecuadas. Siempre es importante mantener las relaciones de tamaño, sobre todo cuando se trata de alumnos pequeños. Generalmente las figuras se dibujan o pegan sobre cartón o cartulina que después se recorta y a las cuales se les adiciona un “pie” por la parte posterior para poder sostenerlas.



Figura 39. Figura para diorama. Caballero templario. Fuente:

<http://www.hobbyzone.ro>

CAPITULO II

2.1. INTERFACES HÁPTICAS

2.1.1. INTRODUCCIÓN

Las interfaces hápticas, nacen debido a la necesidad de crear sistemas hápticos, que mejoren la interacción del humano con los entornos virtuales. A diferencia de los sistemas visuales y auditivos, el sentido háptico es capaz de unir los sentidos con las acciones del ambiente siendo esta una parte indispensable de las actividades humanas. Por otra parte los EV's deben tener la capacidad de recibir información y devolverla mediante el sistema háptico.

La información del sensor háptico está distinguida entre táctil o kinestésica (denominada también propioceptiva). La diferencia entre estas puede ser ilustrada mediante un ejemplo. Suponiendo una mano que se acerca a un objeto suspendido en el espacio. La sensación inicial de contacto proviene de los receptores táctiles de la piel, quienes también brindan información sobre la geometría de la superficie de contacto, la textura del objeto y su desplazamiento.

Cuando la mano aplique más fuerza, la información kinestésica provee de información detallada sobre la posición y movimiento de mano y brazo. Todas las fuerzas que actúan en esto dan la sensación de contacto con fuerzas, superficie y peso. Generalmente el tacto y la kinestésica ocurren simultáneamente.

El Sentido Táctil Humano

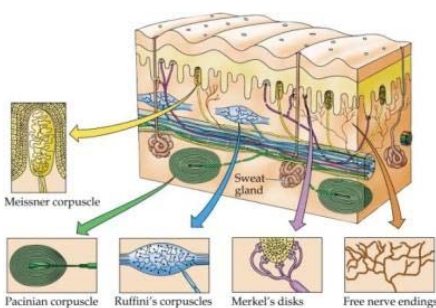


Figura 40. Mecanorreceptores Cutáneos. Fuente: <http://www.rci.rutgers.edu/>

Existen cuatro tipos de órganos sensoriales en la piel sin vello de la mano humana que median el sentido del tacto. Estos son los corpúsculos de Meissner, los corpúsculos de Pacini, las terminaciones nerviosas de Merkel y los corpúsculos de Ruffini.

El rango de adaptación de los receptores a estímulos de localización con la piel, significan áreas receptivas, resolución espacial, rango de frecuencia de respuesta y la frecuencia máxima de sensibilidad. El tiempo de tardanza de estos receptores varía entre los 50 y los 500 milisegundos.

Tabla II. I

Características Funcionales de Mecanorreceptores Cutáneos. Fuente: Shimoga 1993

CARACTERÍSTICA	CORPÚSCULOS DE MEISSNER	CORPÚSCULOS DE PACINI	TERMINACIONES NERVIOSAS DE MERKEL	CORPÚSCULOS DE RUFFINI
Rango de adaptación	Rápido	Rápido	Lento	Lento
Localización	Dermis Superficial	Dermis Subcutánea	Epidermis Basal	Dermis Subcutánea
Área receptiva	13 mm ²	101 mm ²	11 mm ²	59 mm ²
Resolución espacial	Baja	Muy baja	Buena	Regular
Unidades sensoriales	43%	13%	25%	19%

Rango de frecuencia de respuesta	10 – 200 Hz	70 – 1000 Hz	0,4 – 100 Hz	0,4 – 100 Hz
Umbral mínimo de frecuencia	40 Hz	200 – 250 Hz	50 Hz	50 Hz
Sensibilidad a la temperatura	No	Si	Si	>100 Hz
Adición espacial	Si	No	No	Desconocido
Adición temporal	Si	No	No	Si
Parámetros físicos medidos	Curvatura de la piel, forma local, revoloteo, desplazamiento	Vibración, desplazamiento, aceleración	Curvatura de la piel, forma local, presión	Elasticidad, fuerza local

En el año 2000 hablar de una interfaz háptica suponía la directa relación con una disfunción hepática o una enfermedad de algún tipo. Fue hasta el 2004 que la introducción de dispositivos de manipulación de videojuegos permitía a los usuarios interactuar con su entorno por medio de un joystick, inclusive la vibración de los celulares se constituyeron como dispositivos hápticos. El posterior desarrollo de algoritmos de visión máquina, le brindó a robots y otras máquinas la capacidad de percibir el ambiente que los rodea, permitiendo que los dispositivos hápticos sean implementados en labores más especializadas, mismas que requieren de gran precisión y monitorización continua.

Los dispositivos hápticos producen la sensación de estar tocando realmente un mundo virtual o remoto, el objetivo ideal es que el operador no distinga entre lo real y lo virtual, permitiéndole desarrollar actividades con sensación de presencia, mejorándose la interacción.

El constante estudio de este tema ha permitido que muchos artefactos hápticos sean creados, como es el caso de GIRU, un robot, hápticamente operado para simulación de procesos quirúrgicos, desarrollado en el año 2011 en Popayán, Colombia. Luego de su investigación, creación y evaluación se concluyó que el dispositivo háptico es un medio óptimo para simulación y posterior implementación en procesos de tele-operación. Se determinó que la representación 3D del entorno debe ser lo más precisa posible para evitar inconvenientes al momento de la operación del dispositivo, de igual manera es indispensable un EV agradable para lograr una simulación realística.

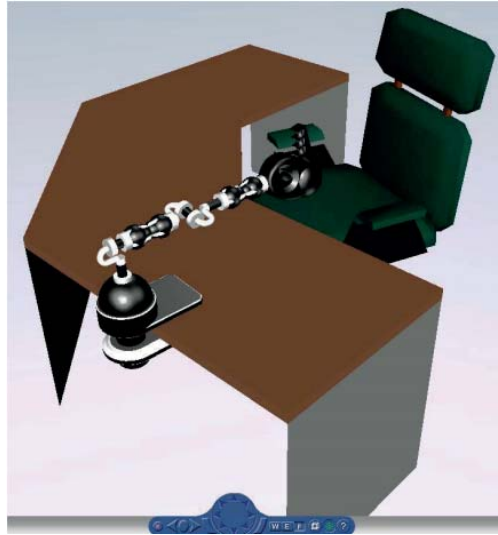


Figura 41. Dispositivo háptico GIRU simulado en Virtual Reality. Fuente: Genoy J y otros.

La inclusión de una interfaz háptica dentro del sistema hombre – máquina, presente en esta tesis, supondrá por lo tanto el desempeño más eficaz del usuario dentro del sistema, permitiendo que la interacción sea optimizada y se obtenga el mayor provecho de las ventajas de la tecnología háptica.

La entrada de información a un simulador de realidad virtual se puede realizar por ejemplo:

- A través de gestos en la mano (medidos mediante guantes sensibles al movimiento)
- Órdenes verbales
- Movimiento de los ojos.

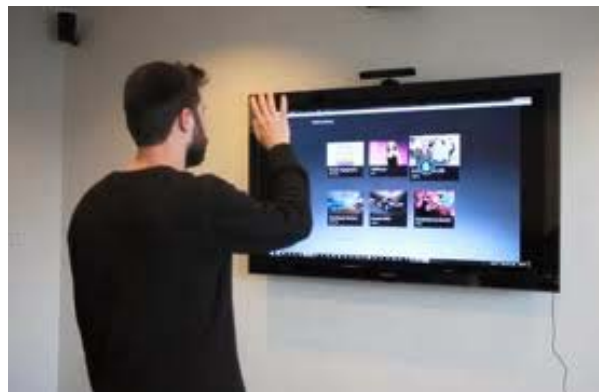


Figura 42. Introducción de información a través de gestos mediante Kinect. **Fuente:**

<http://www.cnet.com/>

La salida de información desde la simulación al operador se hace principalmente:

- A través de realimentación visual (gráficos que representan un determinado entorno virtual).
- Realimentación auditiva (voz sintetizada, sonido ambiente estereofónico).
- Realimentación táctil (permitiendo al usuario tocar y sentir partes del entorno diseñado).

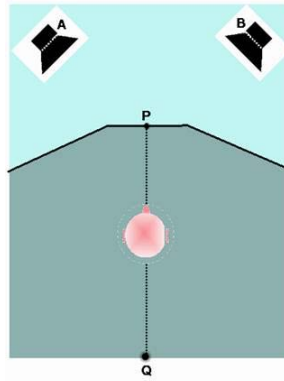


Figura 43. Salida de información mediante realimentación auditiva. **Fuente:**

<http://electronicofiee.blogspot.com/>

Para desarrollar dispositivos hápticos que permitan al usuario tocar y sentir la realidad virtual, se diseñan dispositivos electromecánicos.

La amplia familia de los dispositivos realizados para entornos virtuales se engloba dentro de la actualmente llamada “Mecatrónica”, que debe ir acompañada del software de modelado del entorno virtual con el que se va a interactuar. Estas posibilidades abren el camino para el estudio de la percepción humana de objetos virtuales generados por ordenador

2.1.2. INGENIERÍA DE LA USABILIDAD

El término Ingeniería de la Usabilidad fue acuñado por primera vez por profesionales de usabilidad de Digital Equipment Corporation (Good¹⁷, 1986). Se lo utilizó para hacer referencia a los conceptos y técnicas para planificar, conseguir y verificar objetivos de la usabilidad del sistema. La idea principal es que los objetivos medibles de usabilidad deben ser definidos en el desarrollo del software y, después, deben ser evaluados repetidamente durante el desarrollo para asegurar que se han conseguido.

¹⁷ Equipo de consultores, asociados con empresas, fundaciones y organizaciones no lucrativas para demostrar el liderazgo auténtico.

Estas propuestas se ven enfocadas al trabajo de la evaluación heurística (Nielsen¹⁸, 1993), al diseño contextual (Beyer, 1998), a los casos esenciales de uso (Constantine, 1999), al desarrollo de escenarios (Rosson, 2002), de propósito más general (Mayhew, 1999; Gerrit, 1990) o centrado únicamente en el desarrollo web (Brink, 2002).

Lamentablemente a pesar de que existe este estudio, en la actualidad se mantienen los modelos de ingeniería de software, aun cuando estos no tienen en consideración la usabilidad. En el mejor de los casos, se realizan tests de usabilidad cuando el producto ya se encuentra en la fase final del desarrollo.

Principalmente el trabajo de la usabilidad se centra en la experiencia y el rendimiento de los usuarios, una interfaz interactiva provoca un diálogo hombre-máquina que permite un intercambio rápido de información entre los ordenadores y los usuarios. Sin embargo el ser humano es un organismo sumamente complejo, posee una variedad de atributos que tienen mucha influencia en el diseño de interfaces. Entre los atributos que podemos encontrar se podría destacar la percepción, la memoria, el aprendizaje, la capacidad y diferencias individuales.

El aplicar métodos de Ingeniería de Usabilidad, se está en capacidad de construir un producto que sea práctico, útil, aprovechable y satisfactorio. Penosamente no es fácil y existen infinitas aplicaciones difíciles de usar. El error recae en el hecho de asumir la capacidad de adaptación del ser humano, forzándolo a acomodarse al producto y no al revés como debería ser.

La definición de usabilidad confirme según la norma ISO 9241-11, dice:

“El grado en el cual un producto puede ser usado por unos usuarios específicos para alcanzar ciertas metas especificadas con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado”.

La definición conforme a la norma ISO/IEC 9126.1 11 dice:

“Capacidad de un producto software de ser entendido, aprendido, usado y atractivo para el usuario, cuando es usado bajo una condiciones específicas”.

La usabilidad no está limitada a sistemas informáticos de manera exclusiva, es un concepto aplicable a cualquier elemento en el que se va a producir una interacción entre el humano y un dispositivo. En

18 The Nielsen Company es un conglomerado de medios holandés-estadounidense con sede en Nueva York.

el caso de una aplicación informática el análisis de usabilidad iniciará desde el momento de la instalación de la aplicación, pasando por el uso y el mantenimiento de la misma.

Parámetros a ser analizados por la Ingeniería de la Usabilidad

Para determinar el nivel de usabilidad que tiene un sistema, este debe ser estudiado y evaluado bajo los siguientes parámetros, proceso que se desarrollará posteriormente dentro de esta tesis con el fin de evaluar la usabilidad que una interfaz háptica debería lograr.

- **Facilidad de Aprendizaje (Learnability).** - Debe ser fácil de aprender el funcionamiento del sistema, de manera que el usuario esté en capacidad de trabajar lo más rápido posible con él.
- **Eficiencia de Uso (Efficiency).**- Cuando el usuario ya aprendió a manejar el sistema, el nivel de productividad debe ser alto en la conclusión de tareas determinadas.
- **Facilidad para recordar (Memorability).**- Habiendo el usuarios utilizado el sistema en una ocasión anterior y por necesidad debe volver a hacerlo tiempo después, la curva de aprendizaje debe ser significativamente menor que usuarios primerizos.
- **Pocos errores (Low error rate).**- Se refiere a aquellos errores que el usuario comete al utilizar el sistema, tomando en cuenta que una aplicación óptima evitaría que el usuario equivocara sus acciones y en caso de hacerlo informarle claramente sobre el error, su severidad, se detonante y una posible solución para el problema.

- **Satisfacción (Satisfaction).**- Este atributo se refiere directamente a la impresión subjetiva del usuario respecto al sistema.
- **Control (Control).**- El usuario debe sentir que tiene control total sobre la aplicación y no suceda al contrario.
- **Habilidades (Skills).**- El atributo permite a los usuarios sentir que el sistema apoya y complementa sus habilidades y experiencias. El sistema respeta al usuario.
- **Privacidad (Privacy).**- Es sistema está en capacidad de proteger la información del usuario o sus clientes.

En el diseño de una interfaz de usuario intervienen tres modelos: el modelo del diseñador (¿Cómo lo vamos a hacer?), el modelo del usuario (¿Cómo lo tenemos que hacer?) y el modelo que muestra la interfaz (¿Qué es lo que hemos hecho?). (Norm, 1990). Según Norm cuando las personas observan

objetos e interfaces gráficas de usuario, se forman modelos conceptuales o representaciones simbólicas de su funcionamiento e inmediatamente, intentan simular mentalmente su funcionamiento. Lo que muestra que si el modelo conceptual no está claro, sea muy difícil saber usarla. Consecuentemente, los tres modelos deberían ser lo más similar posible. Hay tres procesos primarios genéricos del ciclo de vida del desarrollo de software que crean los distintos modelos de interfaz de usuario:

ANÁLISIS DE REQUISITOS: Compila información en cuando al modelo del usuario.

DISEÑO: Diseña el modelo del diseñador.

IMPLEMENTACIÓN: Resultado en la interfaz.

La mejor forma de determinar si un sistema es usable consiste en observar usuarios reales que intentan realizar tareas reales. La manera más efectiva para hacer esto es el testeo de usabilidad. Los test de usabilidad se realizan con un grupo de usuarios reales utilizando el sistema de testear y se graban los resultados para un análisis posterior. Los observadores no ayudan al participante cuando tiene un problema ni responden a preguntas, el usuario tiene que hacer las tareas solo. Los datos que se recaban mediante la observación del usuario frente a la aplicación y ver su desempeño, es información muy valiosa que ayuda en definitiva a detectar posibles falencias del sistema.

Las cuestiones claves para realizar pruebas de usabilidad son:

- Los participantes son usuarios reales del sistema. En la actualidad o en un futuro.
- Los participantes tienen que intentar hacer las tareas reales que normalmente realizarían con el sistema.
- Los test tienen que efectuarse en un entorno lo más cerca posible al entorno normal del trabajo.

2.1.3. CICLOS DE VIDA

Basándonos en la complejidad del sistema que se desea crear se puede aplicar dos ciclos de vida generales que son:

CICLO DE VIDA BÁSICO

- Definición de necesidad de información que tiene el usuario.

- Arquitectura de la información (Estructuración de contenidos).
- Definición de iconografía y simbología del sistema.
- Prueba de usabilidad de estructura e iconografía integradas en pantalla.

CICLO DE VIDA INTERACTIVA

- **Identificación y organización de la información.-** Identifica perfiles de usuario, análisis de tareas, presupuesto, análisis de funciones, establecimiento de metas y análisis competitivo.
- **Diseño Inicial.-** Diseño paralelo, diseño participativo, diseño conceptual, consistencia en la interfaz y propuesta de interfaz de usuario.
- **Implementación.-** Se fija directrices del proyecto, prototipado horizontal¹⁹, prototipado vertical²⁰, prototipo final e interfaz final a evaluar.
- **Evaluación.-** Evaluación heurística, evaluación con usuarios reales, métodos de prototipaje y problemas de usabilidad.
- **Diseño Interactivo.-** Se realizan nuevamente todas las fases anteriores, dependiendo de los problemas hallados. Se prepara el producto final.
- **Seguimiento.-** Recoger información del sistema ya instalado para mejorar la usabilidad en aplicaciones futuras. Ajuste a estándares. Documentación de apoyo y presentación y/o publicación del producto final.

2.1.4. AJUSTES A ESTÁNDARES

Una interfaz háptica realizada con fundamentos de la Ingeniería de la Usabilidad deberá tener los siguientes estándares internacionales, mismos que deberán ser mostrados posteriormente en este proyecto.

NORMA ISO 9241:

La usabilidad del producto será empleada por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos como efectividad, eficiencia y satisfacción

¹⁹ Los prototipos horizontales se utilizan con frecuencia para evaluar las preferencias de los usuarios respecto de las interfaces de usuario, cuando las funciones reales operativas aún no han sido implementadas.

²⁰ Los prototipos verticales muestran la funcionalidad exacta de un producto para una pequeña parte del conjunto completo. Por ejemplo, un prototipo vertical de un procesador de textos podría mostrar todas las funciones de comprobación de ortografía y gramática, pero ninguna función relacionada con la entrada de texto o su formato. Todas las funciones de un prototipo vertical imitan sus equivalentes reales tanto como sea posible.

NORMA ISO / IEC 9126 – 1:

La interfaz deberá poseer funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, portabilidad y facilidad de uso, determinando así la calidad de uso para el usuario final en un contexto particular.

NORMA ISO 20282:

El producto será fácil de usar por un usuario normal y las características de usuarios con conocimientos especializados.

NORMA ISO 9241 Parte 3:

La pantalla de visualización permitirá al usuario poder leer con seguridad, comodidad y eficiencia para realizar tareas de visualización.

NORMA ISO 9241 Parte 8:

La pantalla de visualización deberá mantener la misma cromática de colores, ya que la mayoría de pantallas son multicolores.

NORMA ISO 9241 Parte 10 - 17:

Los botones y la manipulación directa de los mismos deberán ser ergonómicos en pantallas de visualización, al igual que la presentación de la información.

NORMA ISO / IEC 11581:

Los íconos de navegación, acción y herramientas deberán tener relación con la acción encomendada por el usuario.

2.1.5. DIRECCIONES FUTURAS

La tecnología táctil avanzó apresuradamente en la última década. En los últimos seis años, la mayoría de teléfonos celulares han modificado su tecnología ubicando en ellos pantallas táctiles con tecnología de punta como el multi-touch, también encontrándose de la misma manera en tabletas, consolas portátiles y laptops.



Figura 44. Nokia Lumia 820 (Pantalla Multi-Touch) Fuente: Miguel Urgiléz

Aun con estos avances, las pantallas táctiles carecen de retroalimentación sensorial, únicamente pueden ser simulados, mediante la vibración. Se planea que en la próxima década surjan nuevos dispositivos hápticos con capacidades superiores, permitiendo que los usuarios sientan texturas en sus pantallas.

Los expertos apuntan a que con el pasar de los años, todo será sensible al tacto, pantallas, mesas, paredes, pero la retroalimentación táctil será indispensable para lograr mayor utilidad y usabilidad.

En los últimos años científicos como Ivan Poupyrev, del grupo de Interacción de Disney y estudiantes de la Universidad de Bristol – Inglaterra, trabajan en proyectos que provocan sensaciones táctiles a través de vibraciones de sonido, permitiendo sentir el contacto con objetos virtuales sin necesidad de estar en contacto con ningún dispositivo externo.



Figura 45. AIREAL Interactive tactile Experiences in Free Air. Fuente: Disney Research

2.2. MOTORES DE VIDEOJUEGOS

2.2.1. INTRODUCCIÓN

El término motor de juego se basa a una serie de operaciones de programación que permiten el diseño, la creación y la representación de un videojuego o simulación de un escenario real, tanto en un entorno tridimensional o bidimensional, dicho termino surgió en los años 90 con la aparición del famoso juego de acción en primera persona “Doom”, desarrollado por la compañía id Software bajo la dirección de John Carmack²¹.

El concepto de motor de juego se hizo más popular a medida que otros desarrolladores comenzaron a utilizar diversos módulos o programas para generar nuevos y propios espacios virtuales. En otras palabras, era posible diseñar un juego o simulación en un programa adecuado.

La funcionalidad primordial de un motor es proveer y administrar eficazmente al videojuego de un motor de renderizado para los gráficos 2D y 3D, motor físico o detector de colisiones, sonidos, scripting, animación, inteligencia artificial, redes, iluminación, administración de memoria y un escenario gráfico. El motor de juego representa el núcleo de un videojuego y determina el comportamiento de los distintos módulos que lo componen.

Una simulación virtual como el video juego es una aplicación gráfica en tiempo real en la que existe una interacción explícita mediante el usuario y el entorno cibernético, el concepto de tiempo real toma refiere a la necesidad de generar una determinada tasa de frames o imágenes por segundo, para que el usuario se relacione completamente con el ambiente y generar la sensación de poder sentirlo. Por otra parte, la interacción se refiere a la forma de comunicación existente entre el usuario y el videojuego o simulación.

Normalmente, esta interacción se realiza mediante dispositivos mecánicos como joysticks o mandos, añadiendo también los teclados, ratones, cascos o incluso mediante el propio cuerpo a través de técnicas de visión por computador y de forma vanguardista el uso de Interacciones por medios hápticos ya sean estos táctiles o sencillamente gestos manuales. Se debe tomar en cuenta que no todos los motores de video juegos, sirven para toda clase de eventos, por ejemplo un motor de juegos diseñado con la idea de desarrollar juegos de

²¹ John Carmack, figura ampliamente reconocida en la industria de los videojuegos. cofundó id Software, una empresa de desarrollo de videojuegos, en 1991.

conducción diferirá en gran parte con respecto a un motor orientado a juegos de acción en tercera persona. No obstante, existen motores o software como “UNITY”²² que permite la elaboración de forma sencilla y rápida de proyectos virtuales de interacción con el usuario.

Uno de los principales retos en simulaciones virtuales vinculadas con las personas, es la velocidad de los FPS (frames o fotogramas por segundo) añadiendo también un alto nivel de detalle gráfico, con el fin que la inmersión del usuario en un mundo hiperrealista garantice una alta reacción de respuesta a las acciones, varios agregados que se debe tomar en cuenta para conseguir los dichos objetivos son:

- Renderizado eficiente de grandes escenarios virtuales 3D.
- Mecanismo de respuesta eficiente para controlar el personaje.
- Detalle de animación elevado en relación del cuerpo al entorno virtual.
- Uso de una gran variedad de objetos manipulables.
- Buen uso de iluminación.
- Excelente fidelidad de sonido en tiempo real.

El renderizado es un término utilizado en la informática para representar el proceso de generar una imagen o vídeo, ejecutada por un motor de render, mediante el cálculo de iluminación, textura obtenida de un modelo u objeto desarrollado en un programa de 3D, como ejemplo se tiene: Blender, Maya, 3dMAX siendo estos dos últimos de la compañía Autodesk²³.

Una simulación realista de una escena o personaje producida por un motor de render, calcula y procesa el comportamiento de luces, texturas y materiales (agua, madera, metal, plástico, tela) como también de los comportamientos físicos de animación que es el caso de colisiones y fluidos, simulando ambientes y estructuras físicas verosímiles, también es capaz de realizar complejos cálculos como radiación (trazador de rayos), canal alfa, reflexión, refracción o iluminación global. Con el fin de generar una simulación de condiciones físicas y lumínicas lo suficientemente realistas, llegando a ser difícil diferenciar una fotografía de un dibujo.

²² UNITY es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies.

²³ Compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D para las industrias de manufacturas, infraestructuras, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica. Autodesk fue fundada en 1982 por John Walker (programador) y otros doce cofundadores.

El motor de renderizado es una de las partes más complejas de cualquier motor de juego. El motor de renderizado consiste en utilizar una arquitectura multi-capa, como se puede apreciar en la figura:

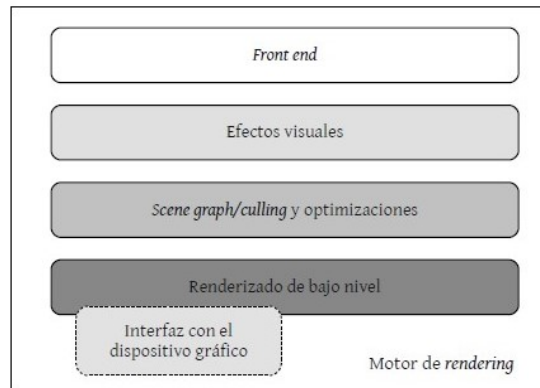


Figura 46. Visión conceptual de la arquitectura general de un motor de rendering. Fuente: D. Vallejo y Otros

La capa de renderizado de bajo nivel asocia a la representación gráfica de las distintas entidades que participan en un determinado entorno, como es el caso de materiales, texturas, que la cámara logra enfocar. El objetivo principal de esta capa reside en renderizar los distintos polígonos geométricos (geometrías) tan rápido como sea posible.

También proporciona una serie de abstracciones para manejar tanto las geometrías como las cámaras virtuales y las propiedades vinculadas a las mismas, gestiona el estado del hardware gráfico y los shaders²⁴ asociados. Básicamente, cada geometría recibida por esta capa tiene asociado un material y se ve afectada por diversas fuentes de luz.

La capa superior se denomina scene graph/culling y optimizaciones, generalmente se ocupa, de seleccionar qué parte o partes de la escena se enviarán a la capa de rendering. Esta selección, u optimización, permite incrementar el rendimiento del motor de rendering, debido a que se limita el número de geometrías enviadas a la capa de nivel inferior.

²⁴ La tecnología **shaders** es cualquier unidad escrita en un lenguaje de sombreado que se puede compilar independientemente, son utilizados para realizar transformaciones y crear efectos especiales, como por ejemplo iluminación, fuego o niebla.

Sobre la capa relativa a las optimizaciones se sitúa la capa de efectos visuales, la cual proporciona soporte a distintos efectos que, posteriormente, se integran en los escenarios con uso del motor. Esta capa es la responsable de gestionar los sistemas de partículas tanto de humo, agua, etc, los mapeados de entorno o las sombras dinámicas.

Finalmente, la capa de front-end suele estar vinculada a funcionalidad relativa a la superposición de contenido 2D sobre el escenario 3D. Por ejemplo, menús o la interfaz gráfica que permite conocer el estado del personaje principal, ubicación, mapas, etc. En esta capa también se incluyen componentes para reproducir vídeos previamente grabados.

En el caso de la maqueta virtual es necesaria la incorporación del motor de videojuegos para permitir la interacción del usuario con el entorno, logrando obtener parámetros medibles de Usabilidad e Interactividad del sistema.

2.2.2. GESTOR DE RECURSOS

También existe una capa que posee cada motor de video juego, es el gestor de recursos, esta capa es la responsable de proporcionar una interfaz unificada para acceder a las distintas entidades software que conforman el motor, como por ejemplo la escena o los propios objetos 3D.

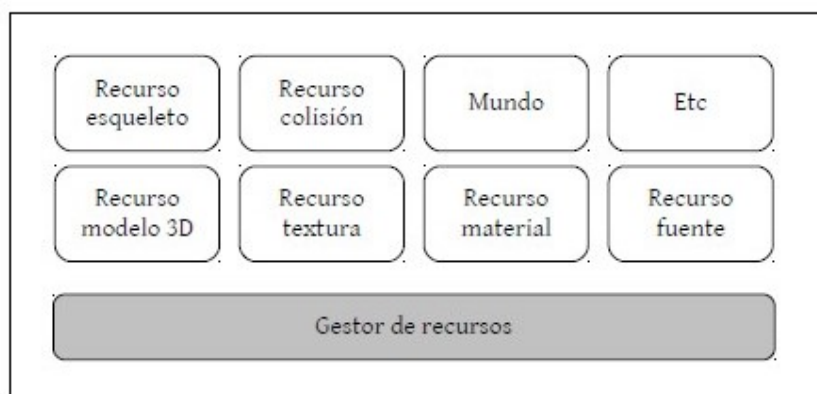


Figura 47. Visión conceptual del gestor de recursos. Fuente: D. Vallejo y Otros

La figura anterior muestra una visión general de un gestor de recursos, representando una interfaz común para la gestión de diversas entidades como por ejemplo el mundo o escenario en cual se desarrolla el juego o simulación, los objetos 3D, las texturas o los materiales. Sin dejar de lado que también se responsabiliza de garantizar la asignación de memoria de una manera eficiente.

En un motor de video juegos se agrupan y funcionan una gran variedad de sistemas o componentes con distintas necesidades. Algunos de los más importantes son el motor de renderizado, el sistema de detección y gestión de colisiones, y la Inteligencia Artificial.

La mayoría de estos componentes se actualizan periódicamente mientras la simulación o video juego se encuentra en ejecución. Por ejemplo, el sistema de animación, se sincronizada con respecto al motor de renderizado, con una frecuencia de 30 ó 60 Hz dependiendo del hardware y disposición de la memoria, con el objetivo de obtener una tasa de frames por segundo lo suficientemente elevada para garantizar una sensación de realismo.

Un bucle de juego es el responsable de actualizar los diferentes estados y componentes del motor de juego y planteando restricciones de los sistemas en determinados momentos de la simulación.

Desde el punto de vista general, el papel que cumple el bucle de juego, en las simulaciones es poder dividir en una serie de etapas o estados a los sistemas o componentes, lo que ayuda no sólo al funcionamiento sino también por la interacción con el usuario o jugador. Típicamente, la mayor parte se diferencian los siguientes estados:

Introducción o presentación, en la que se muestra al usuario aspectos generales de la simulación o juego, como por ejemplo la temática del mismo o incluso cómo manejarlo adecuadamente.

Menú principal, en la que el usuario ya puede elegir entre varias acciones y que, normalmente, consiste en una serie de entradas textuales identificando las opciones posibles, como ejemplo: reiniciar, salir.

Juego, donde ya es posible interactuar con la propia aplicación y el escenario e ir completando los objetivos marcados.

Finalización o game over, donde se puede mostrar información sobre los resultados obtenidos.

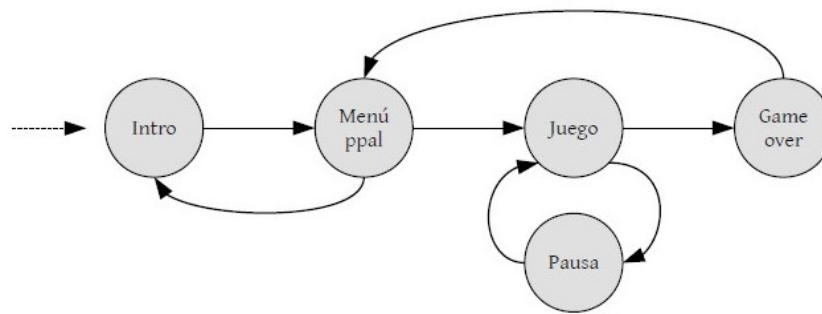


Figura 48. Visión general de un bucle de juego donde se representan los estados más comunes. Fuente: D. Vallejo y Otros.

Debido a la naturaleza multimedia de los motores de juegos, una consecuencia directa es la necesidad de gestionar distintos tipos de datos, como por ejemplo geometría tridimensional, texturas, animaciones, sonidos, datos de colisiones, etc.

Evidentemente, esta naturaleza tan variada se ha de gestionar de forma consistente y garantizada, la capa del gestor de recurso posee el sistema de archivos, el cual define la organización de los datos y proporciona mecanismos para almacenar, recuperar y actualizar información, como por ejemplo:

- Manipular nombres de archivos y rutas.
- Abrir, cerrar, leer y escribir sobre archivos.
- Listar el contenido de un directorio.

Todo lo mencionado depende del espacio disponible en el dispositivo de almacenamiento utilizado.

2.2.3. MODELADO 3D

El modelado en tercera dimensión, es el proceso en el cual los escultores digitales crean personajes, objetos y escenas que posteriormente serán reproducidas en simulaciones, películas de animación, efectos especiales, infografías, proyecciones, prototipos, etc., este proceso de modelado 3D consta de varios parámetros para su creación:

- 1- **Preparación.**- La persona encargada del modelado en tres dimensiones, debe poseer o crear una serie de bocetos relacionados con el proyecto, por lo cual debe tener un intercambio de ideas con su cliente o empleador, con el fin de lograr tener la idea lo más clara posible, como por ejemplo para conocer la ubicación de los elementos en el escenario virtual es necesario bocetar los lugares que van a ocupar los objetos como se muestra en la siguiente figura de la estación Riobamba, en el capítulo VI se muestra el resultado en 3D.

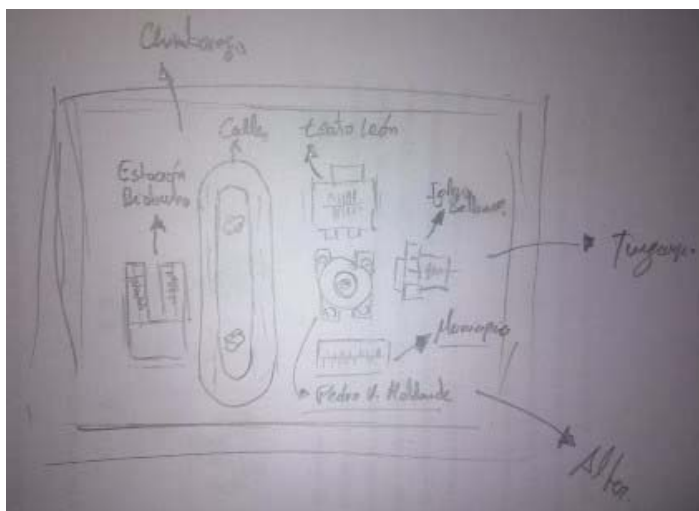


Figura 49. Boceto de ubicación elementos en escenario.

- 2- **Imágenes de referencia.**- Se escanea los bocetos realizados anteriormente, las cuales se importan a un programa de modelado 3D colocándolas como imágenes de referencia mientras se realiza el proceso de modelado.



Figura 50. Imagen incrustada en programa de modelado 3D. Fuente:
<http://intercambiosos.org/>

- 3- Modelado Inicial.-** Por lo general el diseñador tiene varias técnicas para realizar el modelado del personaje o escena, pero la más utilizada se conoce como modelado de caja. Consisten crear un cubo o caja y luego utilizando varias herramientas de modelado tales como “Extrusión”, “Tessellate” y “Bisel”, logrando así que se expanda gradualmente las diversas caras (Poligonos) del cubo en la forma que se requiera. El modelado inicial para este proyecto, deberá ser realizado en base a las necesidades de cada estación, creando piezas básicas para cada elemento del entorno.

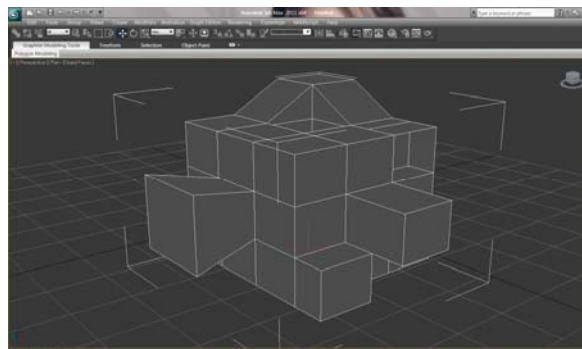


Figura 51. Extrusión poligonal a partir de un cubo.

- 4- Refinamiento del Modelado.-** Teniendo finalizada la forma básica, el diseñador puede empezar a rellenarlo. Esto significa que los vértices y bordes deben quedar bien para cuando se desee animar la figura, para lo cual se puede utilizar herramientas de teselación “Line” para agregar líneas adicionales cuando se necesite, o en partes donde se requiera doblez.

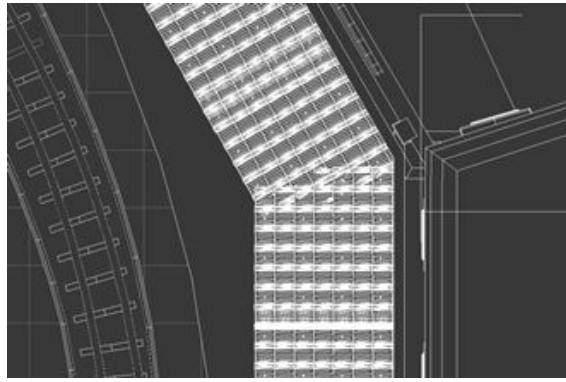


Figura 52. Inserción de líneas para dobles.

- 5- Suavizado.-** Una parte importante del proceso de creación, es la del “suavizado” esto significa proveer al objeto o personaje más polígonos a su haber lo cual se conoce como alto poligonaje, llegando a una proyección más natural y suave, lo que facilita así la construcción de los modelos 3D para la renderización o producto final. Será necesario aplicar un suavizado a ciertos elementos del entorno, como los detalles del ferrocarril para lograr una apreciación semejante a la realidad.

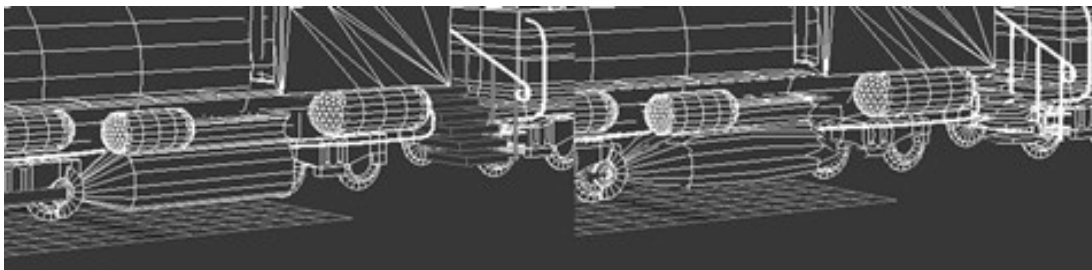


Figura 53. Diferencia de Suavizado.

- 6- Texturizado.-** La etapa de texturizado es muy importante como la de modelado, sobre todo si lo que se busca es realismo. El texturizado permite añadir color al modelo o escenario, también permite simular diferentes materiales (metal, madera, etc.) y dar mayor detalle. Las texturas pueden pintarse en un software de creación de imágenes digitales o llegar a extraerse de fotografías de texturas reales.

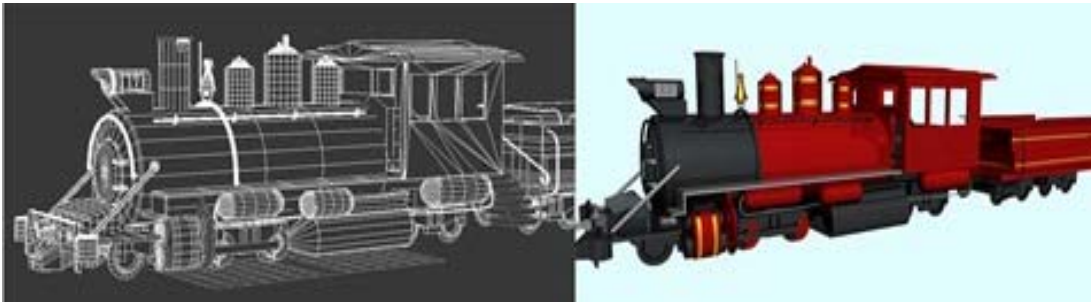


Figura 54. Ferrocarril 3D texturizado.

- 7- Render.-** Por ultimo del modelado 3D tenemos el proceso de render, el cual es el encargado de convertir la descripción de la escena tridimensional en una imagen bidimensional. Detecta las superficies visibles, sombreado básico, etc. También procesan algoritmos precisos que simularan el comportamiento de la luz de una forma más precisa.

El proceso de rendering de una escena 3D requiere los siguientes elementos:

- **Superficies.** La geometría de los objetos que forman la escena debe ser definida empleando alguna representación matemática, para su posterior procesamiento por parte del ordenador.
- **Cámara.** La situación del visor debe ser definida mediante por posición y rotación en el espacio 3D. El plano de imagen de esta cámara virtual definirá el resultado del proceso de rendering.
- **Fuentes de luz.** Las fuentes de luz emiten rayos que interactúan con las superficies e impactarán en el plano de imagen. Dependiendo del modo de simulación de estos impactos de luz tendremos diferentes métodos de rendering.
- **Propiedades de las superficies.** En este apartado se incluyen las propiedades de materiales y texturas que describen el modelo de rebote de los fotones sobre las superficies.

La etapa de rasterización se encarga de calcular los colores finales que se asignarán a los píxeles de los objetos. Esta etapa de rasterización se divide normalmente en las siguientes etapas para lograr mayor paralelismo.

En la primera etapa llamada Configuración de Triángulos (Triangle Setup), se calculan las coordenadas 2D que definen el contorno de cada triángulo, el primer y último punto de cada vértice. Esta información es utilizada en la siguiente etapa y en la interpolación.

A continuación, en la etapa del Recorrido de Triángulo (Triangle Traversal) se generan fragmentos para la parte de cada píxel que pertenece al triángulo. El recorrido del triángulo se basa por tanto en encontrar los píxeles que forman parte del triángulo. El fragmento se calcula interpolando la información de los tres vértices definidos en la etapa de Configuración de Triángulos y contiene información calculada sobre la profundidad desde la cámara y el sombreado (obtenida en la etapa de geometría a nivel de todo el triángulo).

La información interpolada de la etapa anterior se utiliza en el Pixel Shader (Sombreado de Píxel), esta etapa habitualmente se ejecuta en el procesador del computador.

Finalmente en la etapa de Fusión (Merging) se almacena la información del color de cada píxel más el pixel shader, en un archivo de colores denominado Color Buffer, que posteriormente se convertirá en la extensión que señalamos al momento de renderizar.

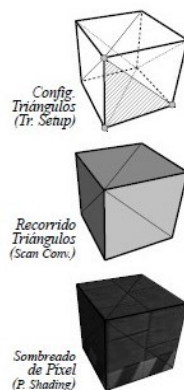


Figura 55. Representación del resultado de las principales etapas de rasterización.

Fuente: D. Vallejo y Otros.

2.2.4. ILUMINACIÓN

En la Naturaleza solo una pequeña parte de los rayos de luz son visibles al ojo humano. Aquellos rayos están definidos por una longitud de onda “ λ ” entre 700 y 400 nm, lo cual produce diversos colores.

En gráficos por computador es decir para pantalla es habitual emplear los denominados colores-luz, donde el Rojo, Verde y Azul son colores primarios y el resto se obtienen de su combinación.

También existen los colores para impresión los cuales son Cyan, Magenta, Yellow, los cuales mezclados nos dan como resultado el color negro o Black (CMYK), por lo general se utilizan para impresiones en papel.

Con estos principios claros y de un modo simplificado, podemos definir los pasos más relevantes para realizar la representación de una escena:

1. La luz es emitida en el escenario por fuentes como el sol, una lámpara de luz situada encima de la mesa, o un panel luminoso en el techo de una habitación.
2. Los rayos de luz interactúan con los objetos de la escena. Dependiendo de las propiedades del material de estos objetos, parte de la luz será absorbida y otra parte reflejada y propagada en diversas direcciones.
3. Finalmente algunos rayos de luz serán capturados por un sensor como un ojo humano, o el sensor de una cámara digital fotográfica.

La luz puede ser empleada a diversas aproximaciones, centrándose en las propiedades direccionales que son rayos geométricos, como ondas electromagnéticas o como partículas cuánticas o también conocidos como fotones. Independientemente del tratamiento que se utilice a la luz, ésta debe ser simulada como energía que viaja en el espacio.

Directamente asociado al concepto de iluminación se definen las sombras. Gracias a la proyección de sombras, se puede establecer relaciones espaciales entre los objetos de la escena.

En programas de modela 3D y motores de juegos las fuentes de luz pueden representarse de diversas formas, dependiendo de las características que se desee simular en la etapa de Rendering. Para mejorar posee tres tipos de fuentes, directamente soportadas por el hardware de aceleración gráfico, las cuales son:

Fuentes puntuales.-

Las fuentes puntuales (point lights) irradian energía en todas las direcciones a partir de un punto que define su posición en el espacio. Las fuentes de luz puntuales no existen como tal en el mundo físico cualquier fuente de luz tiene asociada un área.

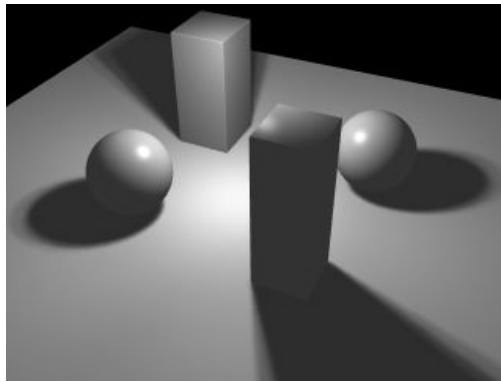


Figura 56. point lights en centro de escenario.

Fuentes Direccionales.-

Uno de los tipos de fuentes más sencillo de simular son las denominadas fuentes direccionales (directional lights), que pueden considerarse fuentes situadas a una distancia muy grande, por lo que los rayos viajan en una única dirección en la escena, como un ejemplo tenemos al luz de sol.

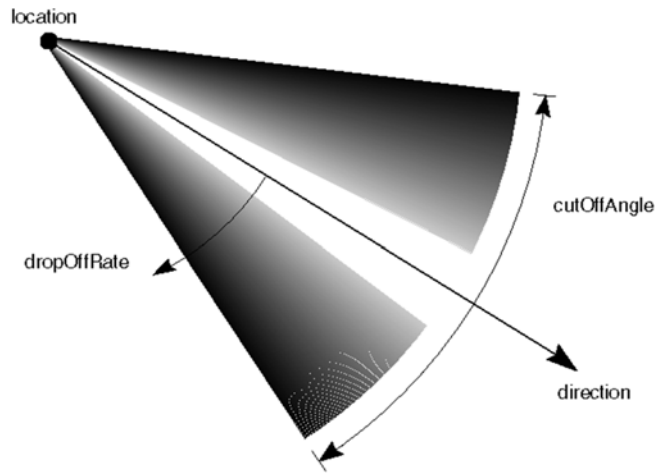


Figura 57. Esquema general directional lights. Fuente: D. Vallejo y Otros.

Focos.-

Finalmente los focos (spot lights) son en cierto modo similares a las fuentes de luz puntuales, pero añadiendo una dirección de emisión. Los focos arrojan luz en forma cónica o piramidal en una dirección específica.



Figura 58. Ejemplo de spot lights. Fuente: <https://www.creativecow.net/>

Una fuente de luz puede definir un color de iluminación difuso (como si el cristal de la bombilla estuviera tintado), y un color diferente para el brillo especular. Ambas propiedades están directamente relacionadas con el modo en el que reflejarán la luz los materiales.

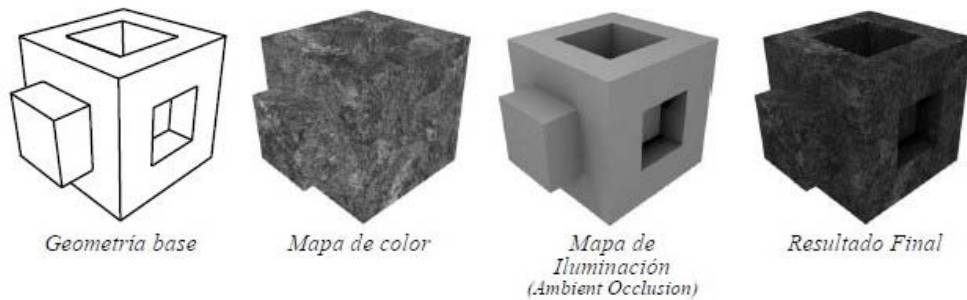


Figura 59. Interacción de la luz con objeto. Fuente: Javier Albusac

Otro de los factores que inciden en un escenario, es la sombra la forma de la sombra que será proyectada se obtiene proyectando la silueta del objeto calculada desde la perspectiva de la fuente de luz.

El cálculo de las sombras basadas en texturas se basa en un principio: si observamos una escena desde el punto de vista de la fuente de luz, cualquier punto situado detrás de lo que ve la fuente de luz estará en sombra.

Una de las técnicas para la interacción de la luz, se calcula el intercambio de luz entre superficies. Esto se consigue subdividiendo el modelo en pequeñas unidades denominadas parches, que serán la base de la distribución de luz final.

Inicialmente los modelos de radiosidad calculaban las interacciones de luz entre superficies difusas aunque existen modelos más avanzados que tienen en cuenta modelos de reflexión más complejos. En el modelo de radiosidad, cada superficie tiene asociados dos valores:

- Intensidad luminosa que recibe
- Cantidad de energía que emite (energía radiante²⁵).

Existe una técnica que calcula la interacción de energía desde cada superficie hacia el resto, se denomina **Factor de Forma**, y se define como:

²⁵ La **energía radiante** es la energía que poseen las ondas electromagnéticas como la luz visible, las ondas de radio, los rayos ultravioletas (UV), los rayos infrarrojos (IR), etc. La característica principal de esta energía es que se propaga en el vacío sin necesidad de soporte material alguno.

$$F_{ij} = \frac{\cos\theta_i \cos\theta_j}{\pi r^2} H_{ij} dA_j$$

Siendo F_{ij} el factor de forma de la superficie i a la superficie j , en el numerador de la fracción definimos el ángulo que forman las normales de las superficies, πr^2 mide la distancia entre las superficies, H_{ij} es el parámetro de visibilidad, que valdrá uno si la superficie j es totalmente visible desde i , cero si no es visible y un valor entre uno y cero según el nivel de oclusión. Finalmente, dA_j indica el área de la superficie j .

Se debe tomar en cuenta que los primeros Algoritmos de Iluminación indirecta buscaban simular la luz como fotones, uno de los algoritmos más implementados es el llamado Photon Map, existen otros algoritmos como el de Quasi Montecarlo, que dependiendo del motor de render se lograra los efectos deseados de una imagen.

En el caso particular de la maqueta fue necesario implementar un Skybox, que permite la iluminación total del escenario, adicionando también una luz direccional que tenga una caída perpendicular sobre los elementos principales del entorno.

2.2.5. SONIDO

El apartado sonoro es un elemento fundamental para dotar de realismo a una simulación en tiempo real, y en él se incorporan elementos esenciales como son los efectos sonoros y elementos que acompañan a la evolución de la interacción del usuario con el computador, llegando a ser una aplicación háptica sonora.

El sonido audible para las personas consta en ondas sonoras que se producen cuando las oscilaciones de la presión del aire, son convertidas en ondas mecánicas en el oído humano y percibidas por el cerebro. La propagación del sonido es similar en los fluidos, donde el sonido toma la forma de fluctuaciones de presión.

El sonido tiene una velocidad de 331,5 m/s, en condiciones normales. Aunque depende muy poco de la presión del aire, temperatura, etc.

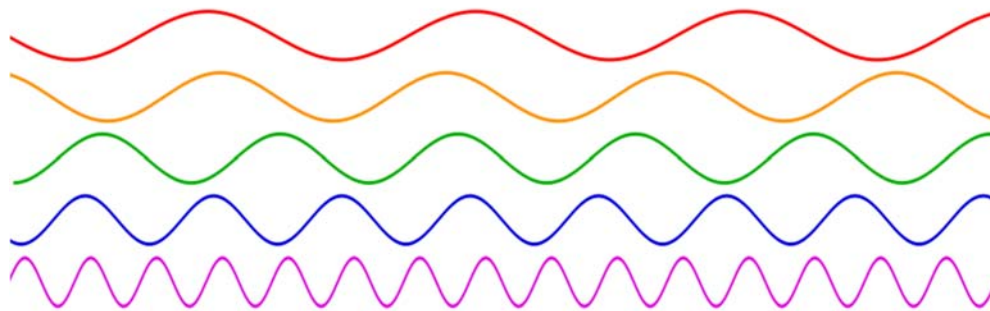


Figura 60. Onda sinusoidal; Variación de frecuencia; en la parte inferior se puede ver las frecuencias más altas. El eje horizontal representa el tiempo. Fuente:

<http://www.ubest1.com/>

Tradicionalmente, en simulaciones o video juegos interactivos siempre se ha prestado atención al componente gráfico. Sin embargo, el apartado sonoro también tiene una gran importancia para conseguir una inmersión total del usuario en el escenario. Por ello, existe el motor de audio que funciona a la par del motor de video juego para lograr una vinculación perfecta entre imagen, movimiento y sonido, en tiempo real.

Así mismo, la aparición de nuevos formatos de audio de alta definición y sistemas de cine en casa han favorecido a la evolución del apartado sonoro. No obstante, el apartado sonoro también requiere modificaciones que son específicas en varias partes de la simulación, con el objetivo de obtener un alto grado de fidelidad y garantizar una buena experiencia desde el punto de vista auditivo.

Tanto la música como los efectos sonoros son parte fundamental de una simulación, pero en ocasiones el oyente no es consciente de la combinación por lo cual se pierde la experiencia lúdica. Una buena combinación de estos elementos aumenta enormemente la percepción del usuario y de poder estar inmerso en la acción que está ejecutando. La capacidad de la música para cambiar el estado de ánimo del oyente es clave en el papel que ejerce en una simulación:

- Permite transportar al jugador al escenario en el que se desarrolla.
- La acción, influirle en su percepción del contenido visual y transformar sus emociones.



Figura 61. Simulación de ejercicio militar con movimiento y sonido incorporados.

Fuente: <http://ca.wikipedia.org/>

Dependiendo del momento, la situación y de las imágenes que muestre en la simulación, la música debe ser acorde con las sensaciones que se desee generar en el oyente, por ejemplo en un juego de estrategia militar, se optará por utilizar instrumentos musicales que nos evoquen al ejército: cornetas, tambores. Pero la música no es el único recurso disponible que permite llevar al jugador a otras realidades, los efectos de sonido también son una pieza fundamental en la construcción de realidades virtuales como por ejemplo en un aeropuerto el efecto sonoro de los motores del avión a su despegue.

Los principales software para edición de audio son Audacity, Adobe Audition o Sony Sound Forge, los cuales poseen diferentes utilidades como:

- **Secuenciadores:** son programas capaces de grabar y reproducir una serie de eventos asignándoles diferentes muestras de sonido.
- **Multipistas:** permite reproducir y controlar diferentes instrumentos o sonidos de forma independiente o conjunta, facilitando las labores de mezcla
- **Editores:** permiten grabar, manipular y procesar archivos de sonido provenientes de ficheros en diferentes formatos y guardarlos en otros formatos.

- **Software de masterización:** permiten retocar y ajustar un grupo de ficheros de sonido para que todos ellos estén igualados en volumen y funcionen como un único conjunto de piezas de audio.
- **Plug-ins:** son pequeñas extensiones de la funcionalidad de un programa anfitrión. Por lo general, en el ámbito de la música por ordenador, los plug-ins suelen ser módulos de efectos para el procesamiento de sonido o instrumentos virtuales.
- **Software de Loops:** este tipo de software permite crear música superponiendo diferentes bloques que pueden repetirse una y otra vez. Estos programas resultan útiles para crear bucles que serán incluidos en otras piezas musicales.

2.2.6. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El término “inteligencia artificial” (IA) tuvo lugar en el año 1956 y fue propuesto por John McCarthy ²⁶ en la Universidad de Dartmouth. “La inteligencia artificial es la rama de la ciencia de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente en un comportamiento humano”.

La principal función que se hace la IA es reproducir algunas de las características inteligentes de los seres humanos. Lo que se llega a buscar es una cierta similitud entre una computadora y los seres humanos en la toma de algunas decisiones en actividades intelectuales. Es decir, imitar por medio de máquinas, actividades mentales, y quizás llegar a mejorar las capacidades humanas en estos aspectos.

²⁶ **John McCarthy** (Massachusetts, 1927 - California - 2011), fue un prominente informático que recibió el Premio Turing en 1971 por sus importantes contribuciones en el campo de la Inteligencia Artificial. De hecho, fue el responsable de introducir el término “inteligencia artificial”, concepto que acuñó en la Conferencia de Dartmouth en 1956



Figura 62. El robot humanoide Asimo, creado por Honda en el año 2000, es uno de los exponentes más reconocidos de la aplicación de técnicas de IA sobre un prototipo físico real. Fuente: <http://inteligenciaartificial1234.blogspot.com/>

Las tendencias más vanguardistas en aplicaciones para la IA en la educación, son los denominados “entornos virtuales”, en los que los estudiantes pueden actuar como si se encontrasen en un entorno real, esto se debe a la unión de la IA con gráficas en tercera dimensión en tiempo real. Las capacidades interactivas y de comportamiento se efectúan mediante la inclusión de técnicas de IA.

La incorporación de sistemas expertos y entornos virtuales en la simulación de los programas de estudio en el ámbito de la ingeniería brindan asimismo una ventaja competitiva a los estudiantes, ventaja que les permite estar mejor adaptados al medio laboral al reducir la brecha entre la enseñanza y la vida laboral.

Se puede categorizar la IA en:

- **Sistemas que piensan como humanos.**- Estos sistemas tratan de emular el pensamiento humano; por ejemplo las redes neuronales artificiales, actividades como la Toma de decisiones, resolución de problemas y aprendizaje.
- **Sistemas que actúan como humanos.**- Estos sistemas tratan de actuar como humanos; es decir, imitan el comportamiento humano.

- **Sistemas que piensan racionalmente.**- Es decir, con lógica (idealmente), tratan de imitar o emular el pensamiento lógico racional del ser humano; por ejemplo el estudio de los cálculos que hacen posible percibir, razonar y actuar.
- **Sistemas que actúan racionalmente.** – Tratan de emular de forma racional el comportamiento humano
- **La Inteligencia Computacional.**- También conocida como IA subsimbólica-inductiva, implica el desarrollo o aprendizaje interactivo (por ejemplo, modificaciones interactivas de los parámetros en sistemas conexionistas). El aprendizaje se realiza basándose en datos empíricos.



Figura 63. Robot en aprendizaje interactivo a base de datos empíricos. Fuente:
<https://play.google.com>

Las principales aplicaciones que se aplican para la Inteligencia Artificial son las siguientes:

- Lingüística computacional
- Minería de datos
- Industriales.
- Médicas
- Mundos virtuales
- Procesamiento de lenguaje natural
- Robótica
- Sistemas de apoyo a la decisión
- Videojuegos
- Prototipos informáticos
- Análisis de sistemas dinámicos.

Uno de los principales objetivos de los investigadores en inteligencia artificial es la reproducción automática del razonamiento humano. El razonamiento de un jugador de ajedrez no siempre es el mismo que el de un directivo que se pregunta la viabilidad de fabricar un nuevo producto. Un niño jugando con bloques de madera en una mesa, por tales motivos resulta muy complejo en procesamiento de datos para un software.

Como dato interesante, Deep Mind: la empresa especializada en inteligencia artificial es la nueva adquisición de Google, el día domingo 26 de enero del 2014 se realizó la compra de 400 millones de dólares. Utilizan algoritmos de aprendizaje universal para aplicaciones como juegos, simulaciones y comercio electrónico, Google ha estado trabajando en diferentes proyectos como vehículos que se pueden conducir solos y también en robots.

Hace más de medio siglo, en 1950, Alan Turing ²⁷propuso la denominada Prueba de Turing, basada en la incapacidad de una persona de distinguir entre hombre o máquina a la hora de evaluar un programa de ordenador. En concreto, un programa pasaría el test si un evaluador humano no fuera capaz de distinguir si las respuestas a una serie de preguntas formuladas eran o no de una persona. Hoy en día, esta prueba sigue siendo un reto muy exigente ya que, para superarlo, un programa tendría que ser capaz de procesar lenguaje natural, representar el conocimiento, razonar de manera automática y aprender.

En el ámbito del desarrollo de simulaciones, la Prueba de Turing se podría utilizar en evaluar la IA del sistema. Básicamente, sería posible aplicar esta prueba a los diferentes usuarios con el objetivo de averiguar si el jugador humano es capaz involucrarse totalmente en el escenario y en las actividades que se realicen en el mismo.

En el caso concreto del presente trabajo, se hizo un estudio de la posición solar para influenciar en las escenas del tour virtual. También se utilizará un control de sonido inteligente que permitirá dar a conocer al usuario la proximidad del tren en una estación.

En el siguiente cuadro se pueden comparar la diferencia entre un cerebro humano y una computadora en distintos ámbitos.

²⁷ Alan Turing (1912-1954), matemático, científico, criptógrafo y filósofo inglés, es considerado uno de los Padres de la Computación y uno de los precursores de la Informática Moderna.

Tabla II.II**Comparación entre Procesos de Inteligencia Humana e Inteligencia Artificial**

Cerebro	Computadora
Sistema de datos de múltiple propósito capaz de tratar gran cantidad de información en poco tiempo pero no necesariamente con exactitud.	Sistemas altamente especializados con capacidad para procesar información muy concreta, siguiendo unas instrucciones dadas.
La frecuencia de los impulsos nerviosos puede variar.	La frecuencia de transmisión es inalterable y está dada por el reloj interno de la maquina
Las llamadas sinapsis cumple en el cerebro la función simultánea de varias compuertas (and, or, not etc.)	Las compuertas lógicas tienen una función perfectamente determinada e inalterable.
La memoria es del tipo asociativo y no se sabe dónde quedara almacenada.	La información se guarda en posiciones de memoria de acceso directo por su dirección
Los impulsos fluyen a 30 metros por segundo	En el interior de una computadora los impulsos fluyen a la velocidad de la luz.
Similitudes entre el cerebro y una computadora	Ambos codifican la información en impulsos digitales.
Tanto el cerebro como la computadora tienen compuertas lógicas	Existen distintos tipos de memoria.

Al igual que un motor de video juego la IA posee ramas que le ayudan con su correcto funcionamiento uno de ellos son los “agent” (agente) estos se utiliza para referirse a las distintas entidades virtuales de un escenario virtual o simulación que, de alguna manera u otra, tienen asociadas un comportamiento. Dicho comportamiento puede ser trivial o complejo, estas entidades son capaces de percibir lo que ocurre en el medio o contexto en el

que habita, mediante la ayuda de sensores, y actuar en consecuencia, generando algún tipo de cambio en dicho medio o contexto.

Los agentes basan su modelo de funcionamiento interno en una **máquina de estados**, la cual define el comportamiento que especifica las secuencias de estados por las que atraviesa una entidad u objeto durante su ciclo de ejecución en respuesta a una serie de eventos, junto con las respuestas a dichos eventos.

Para un mejor entendimiento de una máquina de estados se visualiza el siguiente gráfico.

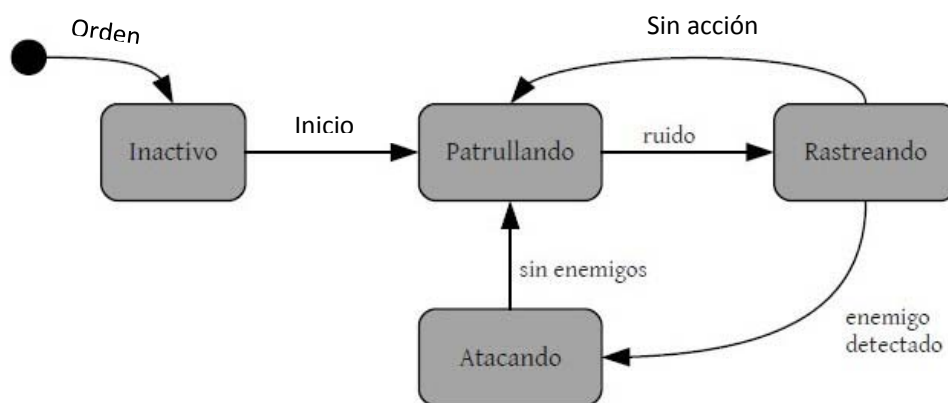


Figura 64. Máquina de estado que define en comportamiento de un agente. (Caso de soldado patrullando). Fuente: C. González y Otros.

2.2.7. SISTEMAS DE SCRIPTING

La palabra script (del latín *scriptum*, escrito) es conocido también en informática como archivo de órdenes o archivo de procesamiento por lotes, es un programa prácticamente simple, que por lo se almacena en un archivo de texto. Los Script poseen la función de realizar diversas tareas como combinar componentes, interactuar con el sistema operativo o con el usuario. Por este uso es frecuente que los shells sean a la vez intérpretes de este tipo de programas. Los *shells* están diseñados para facilitar la forma en que se invocan o ejecutan los distintos programas disponibles en el computador.

SHELLS DE TEXTO, COMUNES:

Por lo general son programas que generan infraestructura de desarrollo para sistemas operativos.

- Bourne Shell
- Almquist shell
- bash
- Korn Shell
- Zsh
- Emacs
- Símbolo del sistema de Windows

SHELLS GRÁFICOS COMUNES:

Son programas informáticos cuya función consiste en interpretar órdenes. Incorpora características tales como control de procesos, redirección de entrada/salida, listado y lectura de ficheros, protección, comunicaciones y un lenguaje de órdenes para escribir programas por lotes o “scripts”.

- GNOME
- KDE
- Xfce
- LXDE
- Escritorio de MS Windows

Los lenguajes de scripting. En lugar de independizar solamente los datos, este tipo de lenguajes, en el ámbito del desarrollo de simulaciones o videojuegos, también permiten independizar gran parte de la lógica del juego. En este contexto, la lógica determina el comportamiento de las distintas entidades o personas que desarrollan un papel determinado en una escena del espacio virtual a desarrollar ejecutados e interpretados línea a línea en tiempo de real, proceso que reduce el rendimiento de la aplicación, llegando a convertirse en scripting muy complicados

Este planteamiento representa la principal ventaja de los lenguajes de scripting, emplazándolos como una herramienta fundamental y muy potente en el desarrollo de proyectos software no trivial.

Algunos ejemplos representativos de programas que ayudan en este tipo de lenguajes y en el ámbito del desarrollo de videojuegos y simulaciones son LUA o Python. Además de permitir independizar la lógica del juego, los lenguajes de scripting también se utilizan masivamente como herramientas de prototipado rápido. El principal objetivo que se persigue es el de obtener un producto o servicio que muestre la funcionalidad básica del sistema final, reduciendo drásticamente el tiempo y, por lo tanto, el coste del desarrollo. Posteriormente, se podría desarrollar dicho prototipo haciendo uso de un lenguaje compilado, como por ejemplo C++.



Figura 65. Actualmente, Python es uno de los lenguajes de script más populares debido a su facilidad de aprendizaje. Fuente: <http://imgarcade.com/>

La escritura de scripts se realiza con un editor de texto externo a las herramientas del motor gráfico pero se considera contenido íntimamente relacionado del motor de videojuego.

2.2.7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE MOTORES

IW ENGINE

El IW engine es un motor de juego desarrollado por Infinity Ward para videojuegos de disparos en primera persona y que es utilizado en la serie Call of Duty. El motor es considerado uno de los más grandes de la generación por IGN. La versión más reciente del motor (IW 4.0) cuenta con la tecnología de la textura streaming para crear mayor detalle en el medio ambiente

Tabla II. III
Calificación IW ENGINE

PARÁMETRO	CALIFICACIÓN / 10
Tecnología	8,5
Gráficos	8,5

RAGE:

Es un motor de juego creado por un pequeño equipo llamado "Grupo de Tecnología RAGE" en el desarrollador de videojuegos Rockstar San Diego

Tabla II. IV
Calificación RAGE

PARÁMETRO	CALIFICACIÓN / 10
Tecnología	9
Gráficos	10

CRYENGINE 2

CryEngine 2 es un motor de videojuegos desarrollado por Crytek, y es el sucesor del CryEngine el motor del juego utilizado en Far Cry.

Tabla II. V
Calificación CRYENGINE 2

PARÁMETRO	CALIFICACIÓN / 10
Tecnología	10
Gráficos	10

FROSTBITE 2

El FrostBite 2 es un motor gráfico de gran potencial creado por Dice y utilizándose actualmente en sus últimos proyectos y juegos. Este motor se destaca por resaltar imágenes realistas y de excelente resolución a un nivel superior a las versiones anteriores

Tabla II. VI
Calificación FROSTBITE 2

PARÁMETRO	CALIFICACIÓN / 10
Tecnología	10
Gráficos	10

UNITY

Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies de libre licencia.

Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Windows y OS X, y permite crear juegos para Windows, OS X, Linux, Xbox 360, PlayStation 3, Wii, Wii U, iPad, iPhone, Android y Windows Phone. Gracias al Plug-In Web de Unity, también se pueden desarrollar juegos de navegador, para Windows y Mac.

Tabla II. VII
Calificación UNITY

PARÁMETRO	CALIFICACIÓN / 10
Tecnología	9,5
Gráficos	9,5

Por las razones expuestas, en este trabajo investigativo se toma en cuenta UNITY como motor de videojuegos de la aplicación, debido a su tecnología, compatibilidad, soporte, funcionalidad y manejo gráfico.

CAPÍTULO III

3.1. USABILIDAD EN INTERFACES HÁPTICAS

3.1.1. BASE TEÓRICA

La usabilidad es aplicada en cualquier caso donde exista una interacción entre un humano y un dispositivo, permitiendo al humano manipular, controlar y aprovechar de manera eficiente tanto el software como el hardware.

El grado de usabilidad que se puede encontrar en la interacción humano-ordenador se basa en parámetros cuantificables permitiendo el establecimiento de niveles de usabilidad. Estos denominados niveles de usabilidad estarán identificados de la siguiente manera:

Tabla III. I

Niveles de Usabilidad. Fuente: L. Arévalo y M. Urgiléz

NIVEL	GRADO DE ERROR	DESCRIPCIÓN
Nivel 5	Fatal	Error de concepto, errores que impiden la realización de la tarea.
Nivel 4	Grave	Errores que confunden al usuario disminuyendo la facilidad en el ejercicio establecido.
Nivel 3	Leve	Problemas que pueden confundir al usuario pero no afectan a la conclusión de la tarea.
Nivel 2	Cosmético	Opiniones que no afectan el desempeño de la aplicación, pero afectan a su estética.
Nivel 1	Nulo	Interfaz usable y visualmente atractiva

3.1.2. TEST DE USUARIO

El test de usuario fue aplicado en colegios de la ciudad de Riobamba.

Este test se realizó en función de una aplicación controlada mediante un interfaz háptica, misma que fue estudiada con el fin de establecer niveles de usabilidad, la aplicación deberá ser usable para el segmento estudiado además deberá poseer similitud con la interfaz creada en la presente investigación.

Por esto se ha seleccionado una aplicación creada por Gameloft²⁸, cuya trayectoria se remonta desde el 5 de Diciembre del 2011, existiendo ya varias actualizaciones y variaciones del video juego permitiendo a los usuarios jugarlo desde cualquier plataforma de dispositivo móvil.



Figura 66. Captura de pantalla de la aplicación “SIX-GUNS” desde dispositivo móvil.

FORMATO DE TEST PARA USUARIOS CON INSTRUCCIÓN SECUNDARIA.

TEST DE USABILIDAD PARA INTERFAZ HÁPTICA.

Parte 1. Perfil de Usuario.

1. ¿Ha utilizado un dispositivo con pantalla táctil?

SI _____ NO _____

Si su respuesta fue SI, cuál de los siguientes dispositivos utiliza con mayor frecuencia, si su respuesta es NO continúe con la pregunta. “2”.

Celular _____ Tableta _____ Computadora _____

¿Con que frecuencia utiliza el dispositivo?

Siempre _____

Ocasionalmente _____

Rara vez _____

Nunca _____

²⁸ Gameloft es una empresa internacional dedicada a desarrollar y editar videojuegos para dispositivos móviles. Tiene su sede central en Francia, con oficinas alrededor de todo el mundo.

¿Considera importante el tamaño de pantalla del dispositivo?

SI ____

NO ____

2. ¿Considera usted que las aplicaciones actuales son fáciles de utilizar?

SI ____

NO ____

3.- ¿Conoce usted o ha escuchado los términos interfaz háptica?

SI ____

NO ____

4.- ¿Utiliza dispositivos táctiles para desarrollar tareas de investigación o como ayuda didáctica en exposiciones y trabajos en grupo?

SI ____

NO ____

Parte 2. Ejecución de Tareas.

Tarea 1.

Duración.	
Errores.	
Control.	
Eficiencia.	
Habilidades.	
Observaciones	

Tarea 2.

Duración.	
Errores.	
Control.	
Eficiencia.	
Habilidades.	
Observaciones	

En una escala de 1 al 5 valore la facilidad de uso de la aplicación mostrada (encierre en un círculo.)

1-----2-----3-----4-----5

3.2. MUESTRA

En la ciudad de Riobamba existen aproximadamente una decena de colegios fiscales y diez colegios particulares dentro de las parroquias urbanas, se ha considerado que para la realización de este estudio es necesario la utilización de un sistema de muestreo que facilite un escogimiento aleatorio, por ello se determinó que el Muestreo Aleatorio Simple sería el empleado para determinar que colegios serían los evaluados.

Una vez determinado los colegios, y representando estos un 20% de la población total, se utiliza un Muestreo Aleatorio Estratificado para determinar quiénes serán los estudiantes que colaborarían al presente test, representando los estratos a los cursos a los que pertenecen a cada estudiante y ubicándolos en orden de lista, según sus nombres.

El total de la población de los colegios ya seleccionados es alrededor de 3000 estudiantes, basados en un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5%,

tomando en cuenta que el nivel de heterogeneidad es del 50% el total de estudiantes a ser encuestados será de 341, mismos que serán repartidos dentro de los 4 colegios encuestados, mediante el sistema de muestreo anteriormente mencionado.

3.3. APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE TEST

El presente test estará basado en estándares internacionales y en parámetros, características propias de la usabilidad.

La duración del test por persona fue de 10 minutos, los primeros dos minutos fueron utilizados para la completación del perfil del usuario, y los restantes minutos tendrán como finalidad evaluar la interfaz y establecer los niveles de usabilidad considerados por el usuario.

La ejecución de estos test de usuarios se realizó en cinco etapas, siendo estas:

1.- ESTABLECER MITOS.- Posibles reacciones y respuestas que podrían tener los usuarios al momento de realizar el test.

2.- ESTABLECER PERFIL DE USUARIO Y ESCENARIO.- permite conocer al usuario sus costumbres y experiencias, de igual manera permite plantear un posible escenario, el tamaño del dispositivo, el área de acción táctil.

3.- EJECUCIÓN TAREAS.- Se plantea tareas al usuario donde el observador controla tiempo problemas, expresiones, dificultades y demás inconvenientes que el usuario pueda tener el desempeño de las tareas.

4.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS.- Se compila la información obtenida, se tabula datos y se obtiene resultados sobre la aplicación sometida a análisis.

5.- PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.- En base a los resultados se plantea propuestas de solución a los problemas encontrados, iniciando por el problema de mayor gravedad y terminar en los de menor importancia.

3.3.1.APLICACIÓN DEL TEST

La aplicación del test se realizó en base al siguiente cronograma:

Tabla III. II

Cronograma de pruebas de usabilidad en colegios de la ciudad de Riobamba.

COLEGIO	Nº DE ESTUDIANTES	FECHA	TIEMPO EMPLEADO
Instituto Tecnológico Superior Juan de Velasco	85	Lunes 17 de marzo del 2014	Aprox. 7 horas
Colegio Nacional Experimental Capitán Edmundo Chiriboga.	85	Miércoles 19 de marzo del 2014	Aprox. 7 horas
Unidad Educativa Salesiana “Santo Tomas Apóstol Riobamba”	85	Lunes 24 de marzo del 2014	Aprox. 7 horas
Unidad Educativa “Nuestra Señora de Fátima” Riobamba	86	Miércoles 26 de marzo del 2014	Aprox. 8 horas

ESTABLECIMIENTO DE MITOS.-

Será importante que una número muy superior a la mitad de estudiantes encuestados, hayan manejado o manejen dispositivos de pantalla táctil que se traducen en interfaces háptica, conocemos que en la actualidad la cantidad de dispositivos comerciales, permite que cualquier persona sin importar su clase social tenga acceso a este tipo de artefactos y su uso entre nuestro segmento objetivo es bastante común.

Se espera que los dispositivos más utilizados sean los celulares y las tabletas, con el fin de aprovechar esta desconexión con los computadores con tecnología multi touch,

acercándose de este modo a los estudiantes a través del uso de dispositivos de un tamaño considerablemente más grande.

Se determinó según observación que los estudiantes que poseen un dispositivo háptico, lo usan con mucha frecuencia, resultados que se verán reflejados una vez empleado el test. De igual modo se espera que sea importante para los estudiantes la presencia de un dispositivo con pantalla grande que les permita manipular la interfaz con mayor libertad y seguridad.

Se supondría que gran cantidad de aplicaciones son fáciles de utilizar pero existirá un porcentaje alto que no cumplan con esta característica, basados en ese porcentaje se nos facilitará la determinación de necesidades de estas aplicaciones no fáciles de utilizar.

Del mismo modo se espera obtener como resultado el desconocimiento sobre los términos “Interfaz Háptica”, esto debido a que la inclusión de nuevas tecnologías aunque constante, evita la teorización de contenidos, convirtiendo las teorías en prácticas simples, fáciles de usar pero totalmente incomprensibles.

Se espera en la parte práctica obtener resultados favorables superiores al 50%, donde los estudiantes muestren cierto dominio sobre las interfaces, pero cometiendo errores que serán estudiados con el fin de pulirlos al momento de implementar este estudio en la creación de la interfaz háptica.

3.3.2. TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las encuestas y tests aplicados a los estudiantes de niveles secundarios, reflejaron los siguientes resultados:

Tabla III. III

Tabulación de resultado Pregunta 1 – Test de usabilidad.

Pregunta 1	Literal 1	SI		NO	
		95		3,2	
	Literal 2	CELULAR	TABLETA	COMPUTADORA	
		76,31	19,73	3,96	
	Literal 3	SIEMPRE	OCASIONALMENTE	RARA VEZ	NUNCA
		64,47	30,26	5,27	0
	Literal 4	SI		NO	
		76,31		23,69	

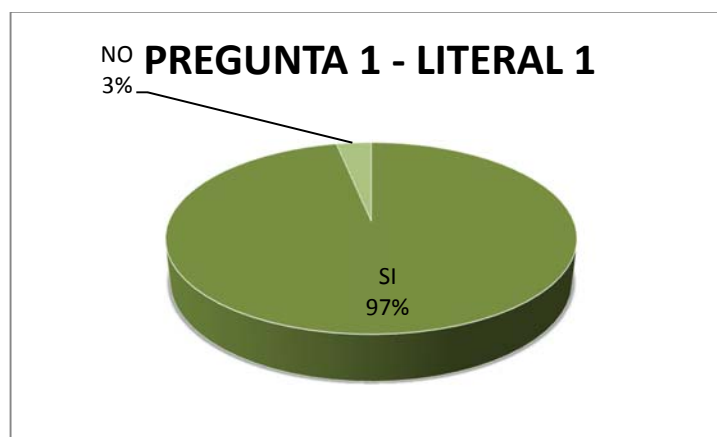


Figura 67. Porcentaje de estudiantes que han utilizado un dispositivo con pantalla táctil.

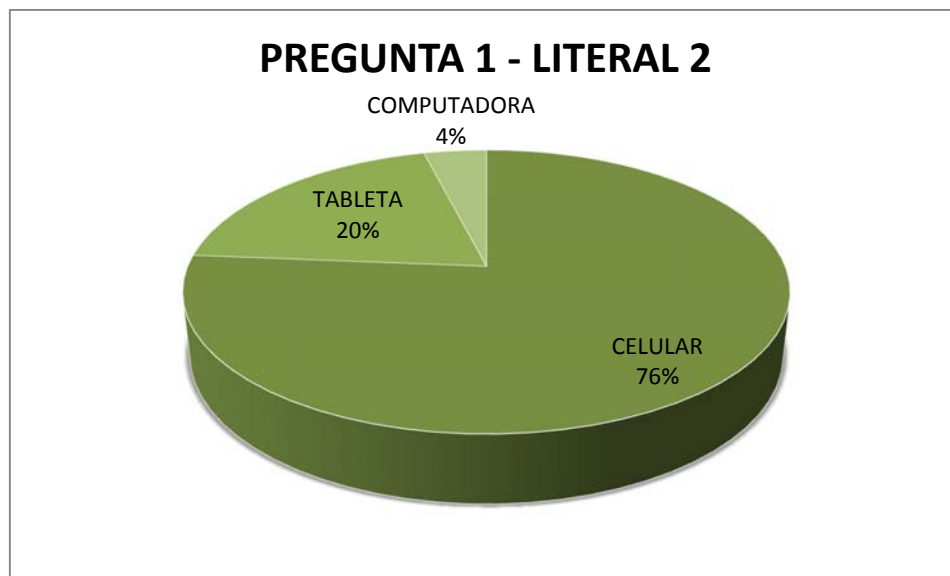


Figura 68. Porcentaje de dispositivos más utilizados por los estudiantes de nivel secundario.

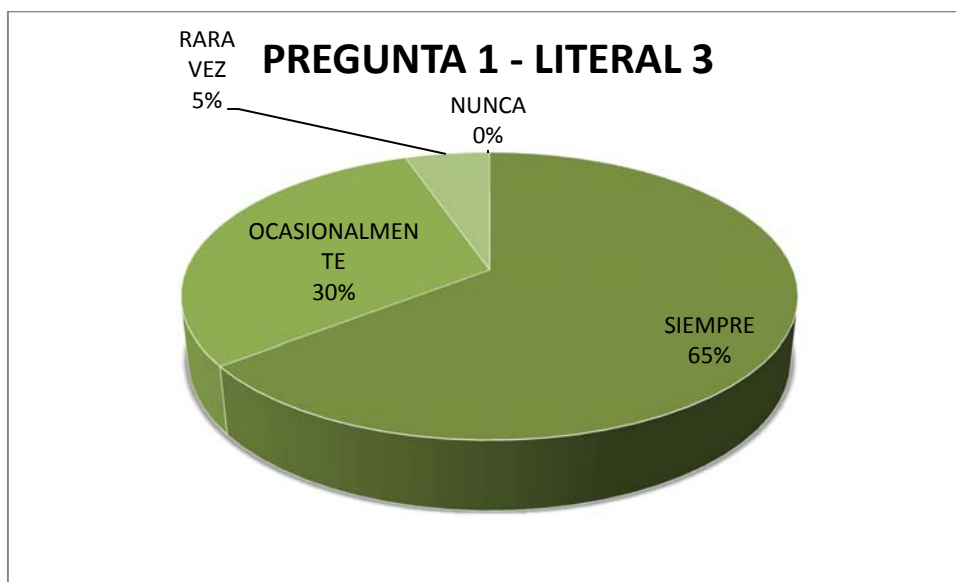


Figura 69. Porcentaje de frecuencia de uso de los dispositivos móviles.

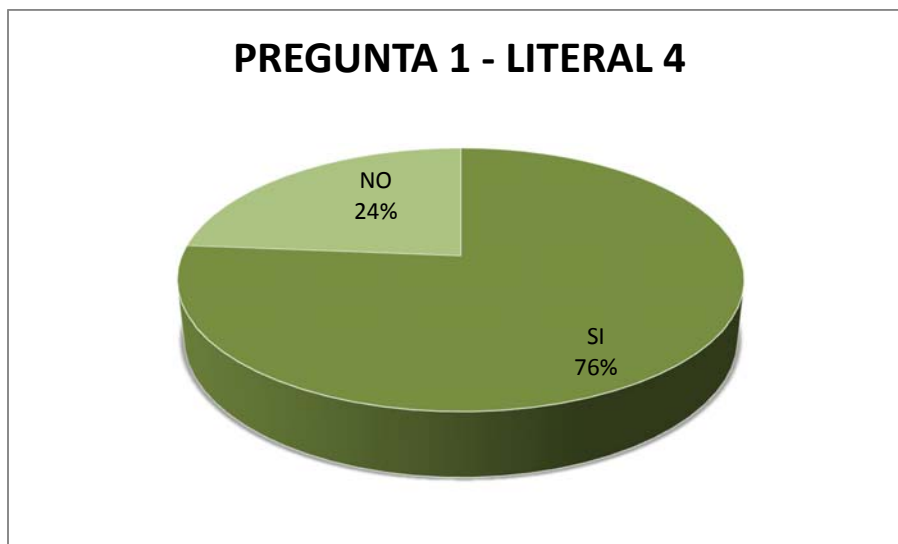


Figura 70. Porcentaje de estudiantes que consideran importante el tamaño de la pantalla de los dispositivos.

Tabla III. IV

Tabulación de resultado Pregunta 2 – Test de Usabilidad.

Pregunta 2	Literal 1	SI	NO
		78,75	21,25

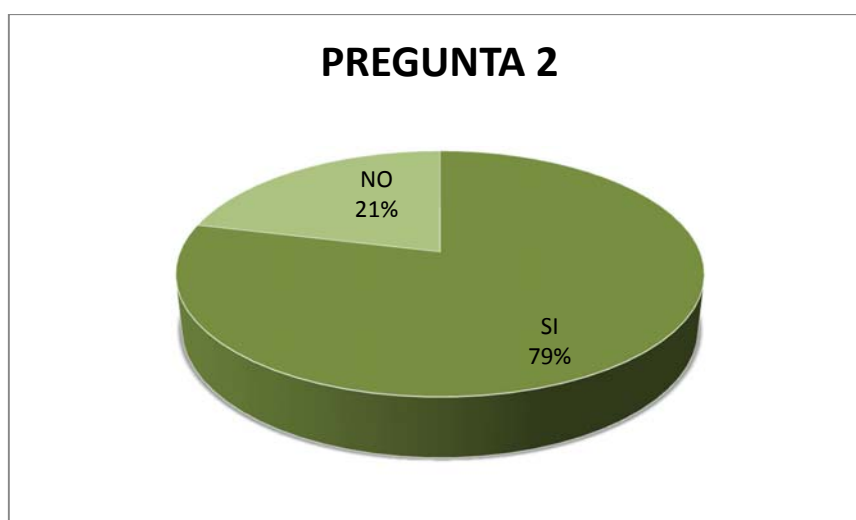


Figura 71. Porcentaje de estudiantes que consideran que las aplicaciones actuales son fáciles de utilizar.

Tabla III. V

Tabulación de resultado Pregunta 3 – Test de Usabilidad.

Pregunta 3	Literal 1	SI	NO
		6,25	93,75

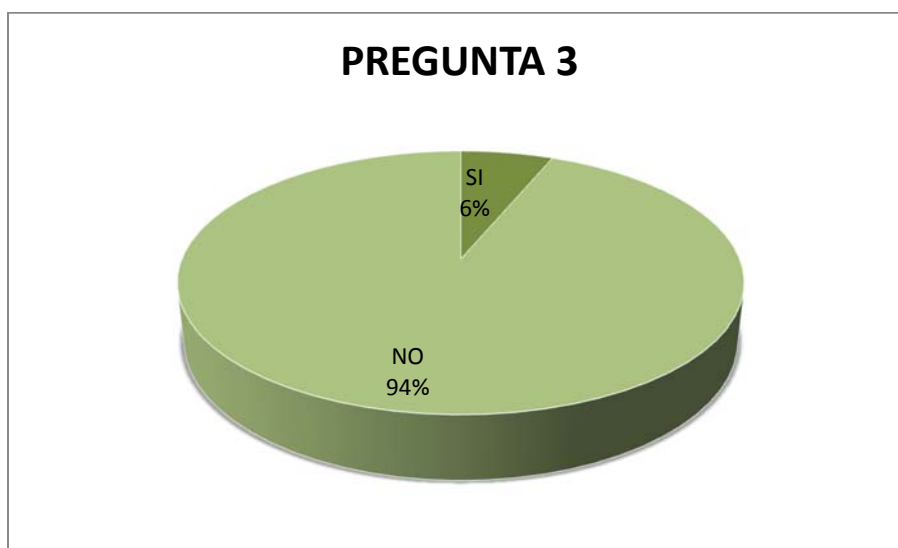


Figura 72. Porcentaje de estudiantes han escuchado alguna vez los términos “Interfaz Háptica”.

Tabla III. VI

Tabulación de resultado Pregunta 3 – Test de Usabilidad.

Pregunta 4	Literal 1	SI	NO
		56,25	43,75



Figura 73. Porcentaje de estudiantes que han utilizado dispositivos móviles para desarrollo de actividades investigativas o como herramienta para presentaciones y exposiciones. Fuente: L. Arévalo y M. Urgiléz.

Los datos obtenidos de a la observación y evaluación del desempeño de los estudiantes en la tarea 1, están medidos en base al promedio de tiempo, errores, control, eficiencia y habilidades de un usuario que conoce la aplicación. Es importante indicar que la esta tarea consistió en ingresar al menú de la aplicación y modificar la configuración del sonido en base a parámetros establecidos.

Tabla III. VII
Tabulación de resultado Tarea I – Test de Usabilidad.

TAREA 1	Duración	MENOR	PROM	MAYOR
		20	55	90
	Errores	LEVE	MEDIO	GRAVE
		31,25	33,75	35
	Control	BAJO	MEDIO	ALTO
		23,75	32,5	43,75
	Eficiencia	BAJO	MEDIO	ALTO
		30	20	50
	Habilidades	BAJO	MEDIO	ALTO
		43,75	17,5	38,75

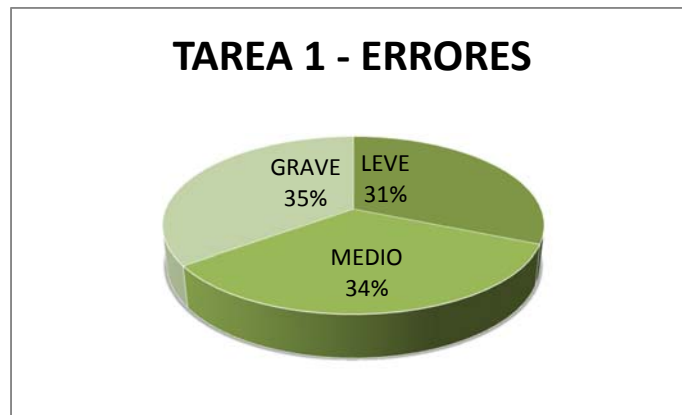


Figura 74. Porcentaje del nivel de errores que cometieron los estudiantes al realizar la primera tarea del test que consistió en la manipulación del menú principal de la aplicación.

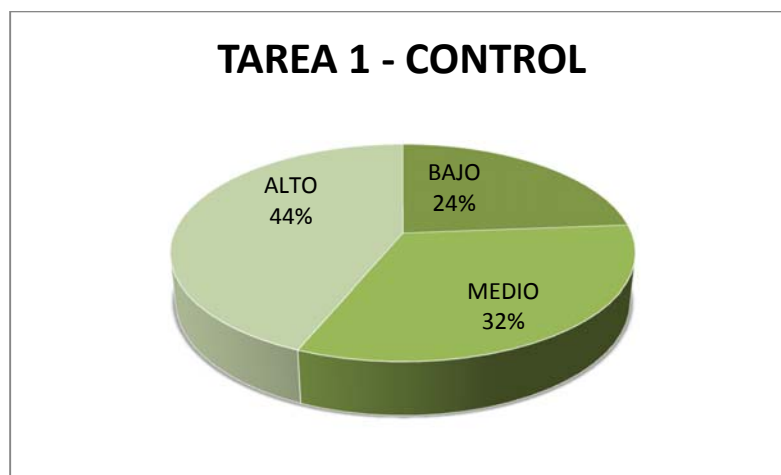


Figura 75. Porcentaje del nivel de control que tuvieron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la primera tarea del test que consistió en la manipulación del menú principal de la aplicación.



Figura 76. Porcentaje del nivel de eficiencia que mantuvieron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la primera tarea del test que consistió en la manipulación del menú principal de la aplicación.

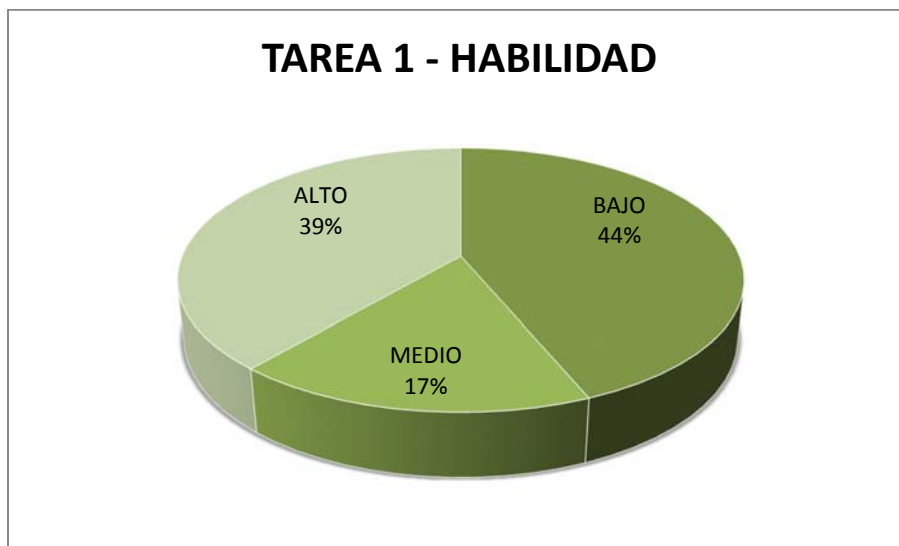


Figura 77. Porcentaje del nivel de habilidad que mostraron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la primera tarea del test que consistió en la manipulación del menú principal de la aplicación.

La segunda tarea a ser evaluada consistió en el manejo directo de la aplicación, controlando movimientos del personaje, reconocimiento de símbolos e íconos dentro la interfaz, y el acceso a misiones propias del videojuego.

Tabla III. VIII
Tabulación de resultado Tarea II – Test de Usabilidad.

TAREA 2	Duración	MENOR	PROM	MAYOR
		6	33	60
	Errores	LEVE	MEDIO	GRAVE
		52,5	17,5	30
	Control	BAJO	MEDIO	ALTO
		30	13,75	56,25
	Eficiencia	BAJO	MEDIO	ALTO
		23,75	25	51,25
	Habilidades	BAJO	MEDIO	ALTO
		35	21,25	43,75

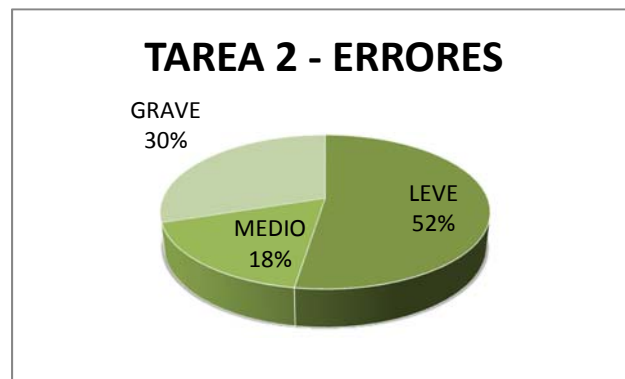


Figura 78. Porcentaje del nivel de errores que cometieron los estudiantes al realizar la segunda tarea del test que consistió en la manipulación del videojuego y el cumplimiento de acciones.

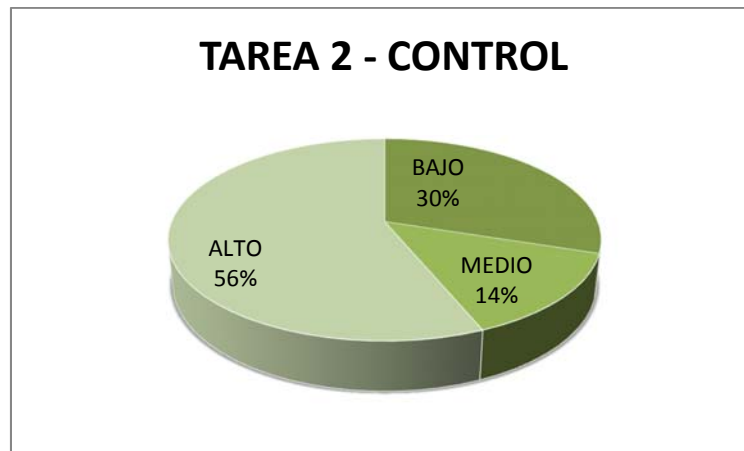


Figura 79. Porcentaje del nivel de control que tuvieron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la segunda tarea del test que consistió en la manipulación del videojuego y el cumplimiento de acciones.

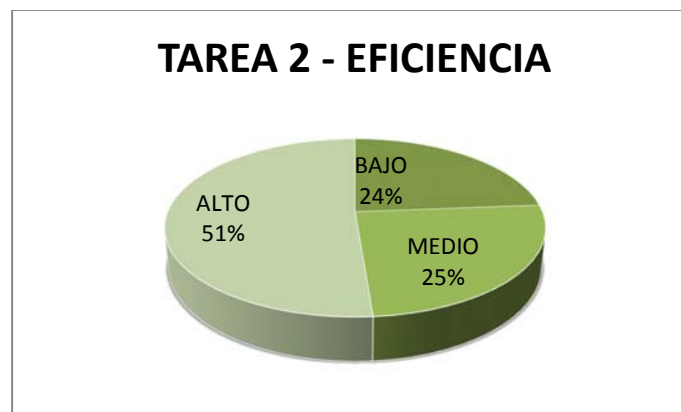


Figura 80. Porcentaje del nivel de eficiencia que mantuvieron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la segunda tarea del test que consistió en la manipulación del videojuego y el cumplimiento de acciones.

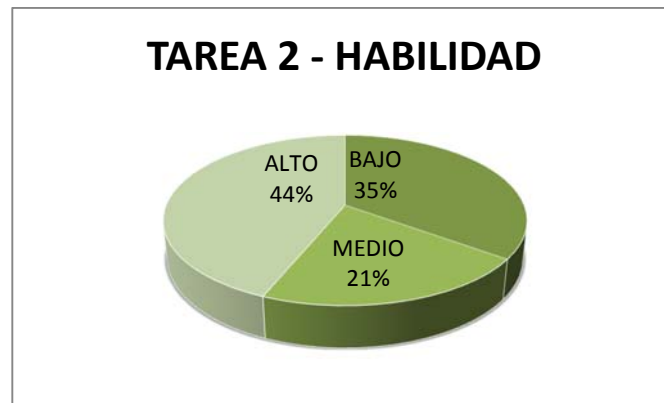


Figura 81. Porcentaje del nivel de habilidad que mostraron los estudiantes sobre la aplicación al realizar la segunda tarea del test que consistió en la manipulación del videojuego y el cumplimiento de acciones.

Tabla III. IX
Tabulación de resultado Tarea II – Test de Usabilidad.

ESCALA DE USABILIDAD				
1	2	3	4	5
5	16,25	41,25	33,75	3,75

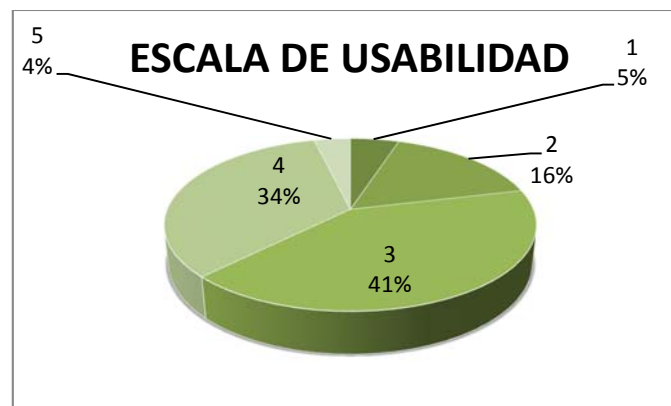


Figura 82. Porcentaje del nivel de usabilidad general que mostraron los estudiantes sobre la aplicación, basada en una escala propuesta anteriormente.

3.3.3. RESULTADOS TEST

- Los estudiantes de educación secundaria utilizan casi en su totalidad dispositivos de pantalla táctil, siendo el celular el más utilizado seguido por las tabletas, la frecuencia de uso de estos es continua y consideran que el tamaño del dispositivo es importante para su manipulación.
- Alrededor del 80% de estudiantes consideran que las aplicaciones creadas en la actualidad son fáciles de usar, es decir tienen criterios de usabilidad.
- El conocimiento sobre los términos “interfaz háptica” es casi nulo, un 94% de estudiantes secundarios nunca ha escuchado siquiera estos términos.
- Más de la mitad de estudiantes han utilizado los dispositivos hápticos para realizar tareas de investigación y exposición de trabajo, convirtiéndolos en una herramienta educativa.
- En un 56%, los estudiantes muestran disposición y capacidad de manipular una interfaz con éxito, existiendo errores leves al momento de realizar tareas, y encontrando problemas propios de la aplicación, que reducen su usabilidad.
- Un 41,25% de los estudiantes encuestados consideraron que la aplicación sometida a la prueba, tienen un nivel de usabilidad intermedio, ubicándolo en la tercera posición de una escala del 1 al 5.

CAPÍTULO IV

3.4. INTERACTIVIDAD EN INTERFACES HÁPTICAS

3.4.1. BASE TEÓRICA

La interactividad entre personas y máquinas nace bajo el concepto del comportamiento interactivo entre el aparato y la experimentación del humano, totalmente apartado del aspecto o apariencia visual de la máquina sus componentes y procesos internos o significados que transmitan.

La interactividad de una máquina no reside en su forma o color, tampoco en su capacidad de almacenamiento o proceso de información, pero reside en la interfaz de usuario y como el humano la percibe, es decir la forma en que debe mover su cuerpo o manos para controlar dicha interfaz y la cantidad de control que él puede ejercer en dicha interfaz.

Las interfaces de usuario dependiendo de su nivel de interactividad pueden ser ubicadas en distintos grados, los cuales se denominaran de la siguiente manera:

Tabla IV. I
Grados de interactividad.

GRADO	DESCRIPCIÓN
Interactivo	Comunicación entre sistema interfaz-humano constante, respuesta mutua.
Reactivo	Comunicación entre interfaz-humano mínima, respuesta unilateral.
Estático	Comunicación nula entre interfaz-humano.

3.4.2. TEST DE USUARIO

El test de usuario basado en el tema de la interactividad se ejecutó en colegios de la ciudad de Riobamba.

Para aplicar el presente test será indispensable la utilización de una aplicación controlada mediante un interfaz háptica, misma que será estudiada con el fin de establecer grados de interactividad, la aplicación deberá ser usable para el segmento estudiado además deberá poseer similitud con la interfaz creada en la presente investigación.

Para realizar este test se ha seleccionado la aplicación Six Guns, mencionada anteriormente en la página 122, ejecutándose en un dispositivo móvil, con la versión más actual.



Figura 83. Captura de pantalla de la aplicación “SIX-GUNS” desde dispositivo móvil.

FORMATO DE TEST PARA USUARIOS CON INSTRUCCIÓN SECUNDARIA.

TEST DE INTERACTIVIDAD PARA INTERFAZ HÁPTICA.

Parte 1. Perfil de Usuario.

1. ¿considera usted interactiva una pantalla táctil?

SI ____

NO ____

2. ¿Considera usted que las aplicaciones actuales son interactivas?

SI ____

NO ____

3.- ¿Considera importante tomar en cuenta la interactividad en el desarrollo de aplicaciones?

SI ____

NO ____

Parte 2. Ejecución de Tareas.

Tarea 1.

Intervención del usuario.	
Transformación del espectador en actor.	
Observaciones	

En una escala de 1 al 3 valore la interactividad de la aplicación mostrada (encierre en un círculo siendo tres la más interactiva.)

1-----2-----3

3.5. APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE TEST

El presente test está basado en los tres principios de la interactividad:

1.- PARTICIPACIÓN-INTERVENCIÓN: La participación no consiste en elegir una opción planteada, supone intervenir en la información o cambiar el mensaje.

2.- BIDIRECCIONALIDAD-HIBRIDACIÓN: Consiste en la co-creación de la comunicación, donde el emisor y el receptor codifican y decodifican el mensaje.

3.- PERMUTABILIDAD-POTENCIALIDAD: Supone la articulación de conexiones, la realización de cambios, las asociaciones y producción de significados, dentro de la comunicación.

La duración del test por persona fue de 5 minutos, el primer minuto fue utilizado para la completación del perfil del usuario, y los restantes minutos fueron para evaluar la interactividad y establecer los grados considerados por el usuario.

3.5.1. APLICACIÓN DEL TEST

La aplicación del test de interactividad se realizó en base al siguiente cronograma:

Tabla IV. II

Cronograma de pruebas de interactividad en colegios de la ciudad de Riobamba.

COLEGIO	Nº DE ESTUDIANTES	FECHA	TIEMPO EMPLEADO.
Instituto Tecnológico Superior Juan de Velasco	85	Lunes 31 de marzo del 2014	Aprox. 3 horas
Colegio Nacional Experimental Capitán Edmundo Chiriboga.	85	Martes 1 de abril del 2014	Aprox. 3 horas
Unidad Educativa Salesiana “Santo Tomas Apóstol Riobamba”	85	Miércoles 2 de abril del 2014	Aprox. 3 horas
Unidad Educativa “Nuestra Señora de Fátima” Riobamba	86	Jueves 3 de abril del 2014	Aprox. 4 horas

ESTABLECIMIENTO DE MITOS

La primera pregunta de este test fue planteada en base a la necesidad de conocer cuán importante es el uso de una pantalla táctil al momento de evaluar la interactividad de una aplicación, se espera que los resultados sean favorables y apunten al uso de las pantallas táctiles como necesidades imprescindibles para lograr una libre interactividad.

Por otro lado la pregunta siguiente se planteó en base a la necesidad de medir la apreciación de los estudiantes de nivel secundario hacia la interactividad de las aplicaciones actuales, se espera que exista un porcentaje considerable de respuestas negativas que muestren que existen aplicaciones que aún deben ser corregidas o actualizadas bajo parámetros de interactividad mejor estructurados.

Es importante determinar si se considera necesaria la interactividad para el desarrollo de aplicaciones, se espera que los resultados muestren que los usuarios consideran importante el uso de parámetros y estándares de interactividad al momento de desarrollar aplicaciones de calidad.

Se espera en la segunda parte del test que los usuarios muestren gran nivel de interactividad al momento de utilizar la aplicación, siendo estos capaces de fundirse con la aplicación y con la posibilidad de revisar errores para mejorar este nivel de interactividad y reforzar las debilidades al momento de realizar la interfaz necesaria en la parte práctica de la presente tesis de grado.

Por último se pretende conocer la escala de interactividad que logra alcanzar la aplicación al momento de su utilización, esto con la finalidad de establecer un porcentaje alto de usuarios que encuentren muy interactiva la aplicación, al obtener estos datos podremos determinar las principales deficiencias que enfrentan las interfaces y que permiten que el usuario pierda la conexión con el entorno virtual, disminuyendo de forma dramática la interactividad de la aplicación.

3.5.2. TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las encuestas y tests aplicados a los estudiantes de niveles secundarios, reflejan los siguientes resultados:

Tabla IV. III

Tabulación de resultado Pregunta 1 – Test de interactividad.

Pregunta 1	SI	NO
	100	0



Figura 84. Porcentaje de estudiantes que consideran que un dispositivo con pantalla táctil es interactivo.

Tabla IV. IV

Tabulación de resultado Pregunta 2 – Test de interactividad.

Pregunta 2	SI	NO
	83,75	16,25

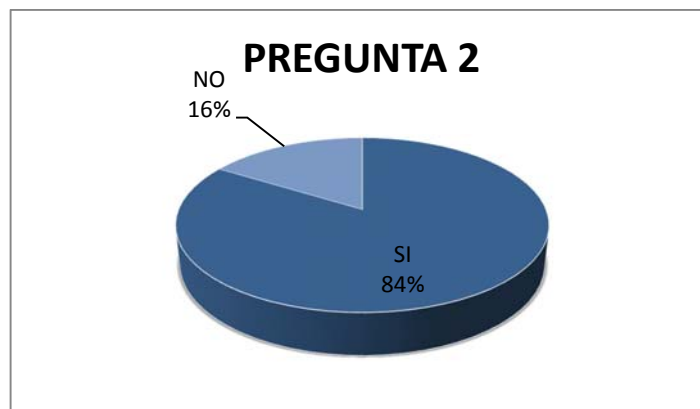


Figura 85. Porcentaje de estudiantes que consideran que las aplicaciones actuales son interactivas.

Tabla IV. V

Tabulación de resultado Pregunta 3 – Test de interactividad.

Pregunta 3	SI	NO
	100	0



Figura 86. Porcentaje de estudiantes que consideran importante el tema de interactividad en el desarrollo de aplicaciones.

Los datos obtenidos de la observación y evaluación del desempeño de los estudiantes en la tarea, están medidos en base a la intervención del usuario en la aplicación y el interés de este en ser parte del entorno sin necesidad de solicitarle que lo haga.

Es importante indicar que esta tarea consistió en manipular el videojuego y desarrollar una actividad específica para luego dar libertad al usuario de hacer lo que quisiese.

Tabla IV. VI
Tabulación de resultados de la Parte 2 - 1 – Test de interactividad.

Intervención del usuario	BAJA	MEDIA	ALTA
	31,25	30	38,75

Transformación del espectador en actor	BAJA	MEDIA	ALTA
	36,25	27,5	36,25



Figura 87. Porcentaje de la intervención del usuario al momento de interactuar con la aplicación.



Figura 88. Porcentaje de la transformación del espectador en actor al momento de interactuar con la aplicación.

Tabla IV. VII

Tabulación de resultados de la Parte 2 - 2 – Test de interactividad.

ESCALA DE INTERACTIVIDAD		
1	2	3
12,5	47,5	40

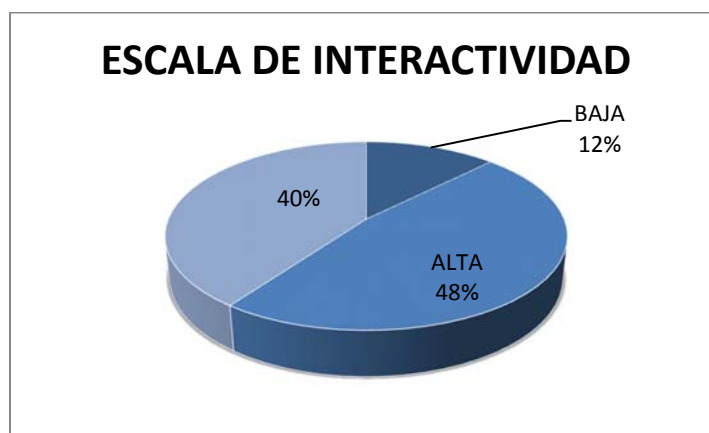


Figura 89. Porcentaje del nivel de Interactividad general que mostraron los estudiantes sobre la aplicación, basada en una escala propuesta anteriormente.

3.5.3. RESULTADOS TEST

- La totalidad de estudiantes de nivel secundario encuestados, considera que una pantalla táctil incrementa la interactividad dentro de una aplicación.
- El 84% de usuarios considera que las aplicaciones actuales tienen un alto nivel de interactividad directa con el usuario, siendo un 16% el porcentaje de usuarios que presentan un descontento directo con aplicaciones actuales.
- El 100% de estudiantes considera necesario e indispensable tomar en cuenta la interactividad al momento de crear una aplicación, esto con la finalidad de incrementar la atracción hacia la aplicación y generar en el usuario una participación más activa.
- El nivel de Intervención del usuario dentro de la realización de tareas en una interfaz háptica se encuentra en un rango equilibrado siendo alrededor del 30% para nivel bajo, medio y alto; pero existe aún predominancia por el nivel más adecuado, siendo este el de mayor predilección entre los tres.
- Al momento de realizar las tareas, el usuario está en capacidad de formar parte de las actividades virtuales, mostrándose una igualdad del 36% entre el nivel más alto y el nivel más bajo de participación.
- La aplicación utilizada para los test correspondientes, mostro un nivel de interactividad medio, dando como resultado un 47,5% de aprobación de la aplicación en el segundo nivel o reactivo y un 40% en el tercer nivel o interactivo.

CAPÍTULO V

3.6. TURISMO FÉRREO EN LA ZONA SIERRA CENTRO

3.6.1. TREN

El transporte férreo, ahora basado en el turismo está controlado por “Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública”, cuyas siglas son FEEP. Esta empresa tiene por misión la administración del servicio férreo turístico y patrimonial, mediante el fortalecimiento de sus actividades productivas, con el fin de incrementar la valoración de la historia y patrimonio del Ecuador.

3.6.1.1. ESTACIONES

Esta investigación contempla los recorridos desde la ciudad de Riobamba partiendo de la estación local hasta la estación “Eloy Alfaro” de Chimbacalle ubicada en la ciudad de Quito. Las estaciones del ferrocarril ecuatoriano, guardan ciertas semejanzas tanto en su estructura como en sus servicios, estas serán representadas en maquetas en escala 1:87 (Escala HO) tanto virtual como real dentro de la denominada “Maqueta de transporte ESPOCH”.



Figura 90. Estaciones y recorridos férreos de la zona sierra. Fuente:
<http://www.trenecuador.com>

Las estaciones comprendidas en el recorrido Riobamba - Chimbacalle serán las siguientes:

ESTACIÓN RIOBAMBA

Ubicada en el centro de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, exactamente en las calles Av. Daniel León Borja y Carabobo, esta estación cuenta con servicios propios de la empresa, siendo estos el café del tren, la tienda del tren y el museo del tren, ubicada a 2764 metros de altura.



Figura 91. Fotografía lateral estación del ferrocarril Riobamba. Fuente: M. Urgiléz.

La estación de Riobamba tiene una altura aproximada de 5 metros con una arquitectura en forma de L en sus oficinas administrativas y salas patrimoniales.

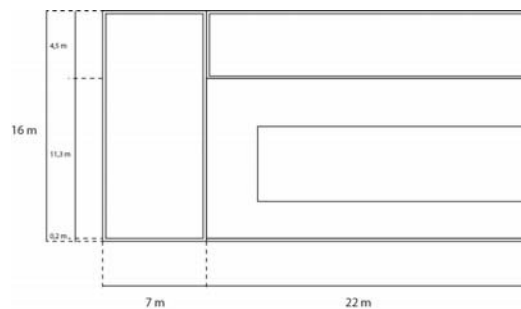


Figura 92. Vista Superior simplificada y acotada. Estación de Riobamba. Fuente: M. Urgiléz.



Figura 93. Maqueta a escala 1:87 Estación ferrocarril de Riobamba para “Maqueta de transportes ESPOCH”. Fuente: M. Urgiléz.

ESTACIÓN URBINA

Ubicada en la zona centro del país, provincia de Chimborazo, esta estación cuenta con servicios propios de la empresa, siendo estos el museo del tren y el refugio del tren, servicio que será prestado en meses posteriores debido a la readecuación de instalaciones, ubicada a 3609 metros de altura.



Figura 94. Vista Superior simplificada y acotada. Estación de Riobamba. Fuente: M. Urgiléz.

La estación de Urbina tiene una altura aproximada de 7 metros con una arquitectura estilo Europeo que se repite en la estación de Boliche. Cuenta con una construcción de un tamaño menor que es utilizada como bodega y cuarto de máquinas y una construcción de tamaño medio, utilizada como museo del tren.

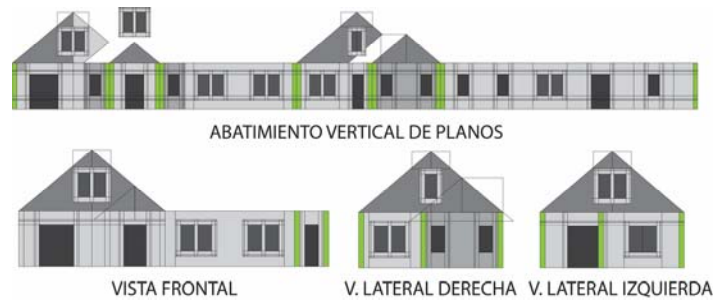


Figura 95. Vistas de la Estación de Urbina, con medidas en escala HO.
Fuente: M. Urgiléz.

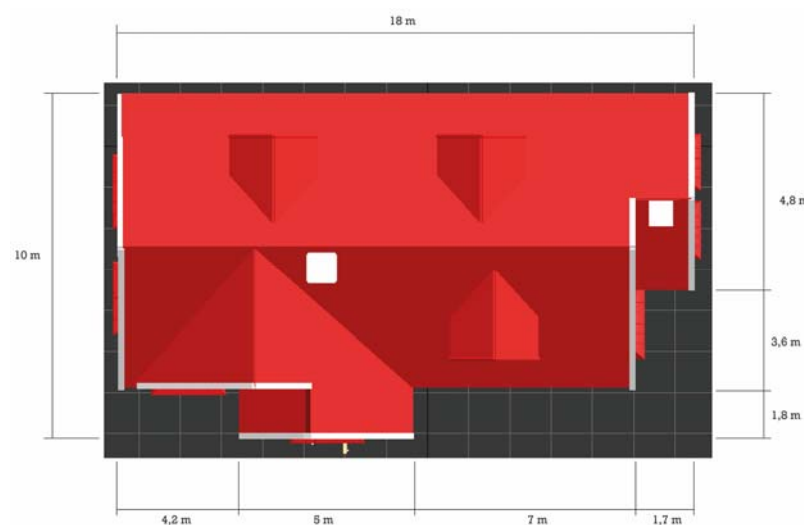


Figura 96. Medidas vista superior Estación Urbina. Fuente: Leonardo Arévalo



Figura 97. Maqueta a Escala 1:87. Estación Ferrocarril Urbina. Fuente: M. Urgiléz.

ESTACIÓN LATACUNGA

Ubicada en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, esta estación cuenta con servicios propios de la empresa, siendo estos el café del tren, la tienda del tren, la plaza del tren y el museo del tren, ubicada a 2760 metros de altura.



Figura 98. Fotografía de la estación de Ferrocarril - Latacunga. Fuente: M. Urgiléz.

Tiene una altura aproximada de 6,5 metros; toda la estación tiene una disposición en línea recta, bastante decorada y de construcción mixta (madera y cemento).

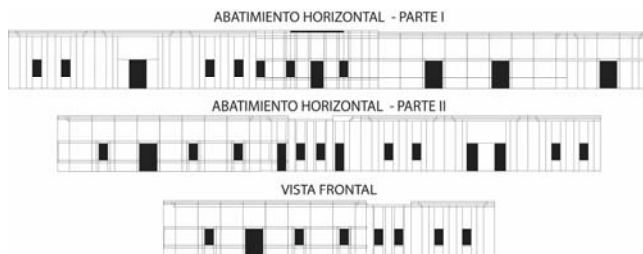


Figura 99. Vistas de la Estación de Latacunga, con medidas en escala HO. Fuente: M. Urgiléz.

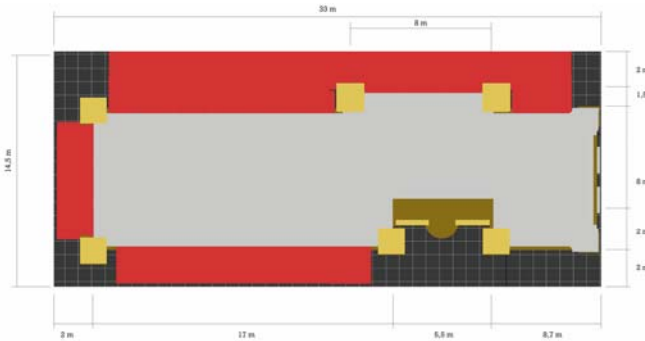


Figura 100. Medidas vista superior Estación Latacunga. Fuente:
Leonardo Arévalo



Figura 101. Maqueta a Escala 1:87. Estación Ferrocarril Latacunga.
Fuente: M. Urgiléz.

ESTACIÓN ELOY ALFARO - CHIMBACALLE

Ubicada en la ciudad de Quito en uno de los barrios más populares denominado “Chimbacalle”, provincia de Pichincha, esta estación cuenta con servicios propios de la empresa, siendo estos el café del tren, la tienda del tren, la plaza del tren y el museo del tren, ubicada a 2777 metros de altura.



Figura 102. Fotografía de la estación de Ferrocarril – “Eloy Alfaro”
Chimbacalle. Fuente: L. Arévalo.

Considerada una de las 7 maravillas de la ciudad de Quito, la estación de Chimbacalle tiene una altura aproximada de 7,5 metros; toda la estación tiene una disposición en línea con una ligera curvatura que la hace atractiva.

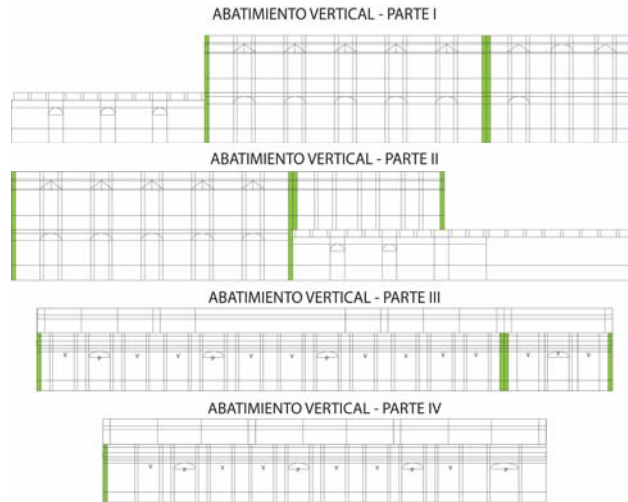


Figura 103. Vistas de la Estación de Chimbacalle, con medidas en escala HO. Fuente: M. Urgiléz.

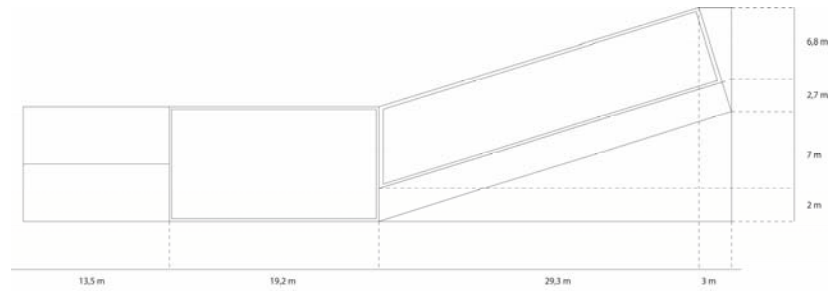


Figura 104. Vista Superior simplificada y acotada. Estación de Chimbacalle. Fuente: M. Urgiléz.



Figura 105. Maqueta a Escala 1:87, Estación Ferrocarril Chimbacalle.

Fuente: M. Urgiléz.

3.6.1.2. RECORRIDOS

El recorrido que será analizado en la presente investigación, comprende el tramo ubicado entre la ciudad de Riobamba y la ciudad de Quito, atravesando 4 estaciones principales, siendo estas, Riobamba, Urbina, Latacunga y Chimbacalle. Cabe indicar que existen dos estaciones intermedias que son Machachi y Boliche, pero su arquitectura es semejante a la de estación de Urbina por lo representaría una repetición de trabajo, no brindando verdaderos motivos investigación.

Las rutas y paquetes de viaje que comprenden este recorrido son los siguientes:

Tabla V. I

Recorridos del tren en tramo de estudio.

NOMBRE	RUTA	DISTANCIA	TIEMPO
Camino al Boliche	Quito – Boliche - Quito	58 Kilómetros	8 Horas
Páramo Infinito	Boliche – Machachi - Boliche	19 Kilómetros	4 Horas
Avenida de los Volcanes	Quito – Latacunga - Quito	98 Kilómetros	8 ½ Horas
Tren del Hielo	Riobamba – Urbina - Riobama	31 Kilómetros	3 ¾ Horas



Figura 106. Elevaciones sobre el nivel del mar de las estaciones férreas de la zona sierra.

5.1.2. GEOGRAFÍA

5.1.2.1. CARACTERÍSTICAS

La serranía ecuatoriana está extendida a lo largo de los Andes, atravesando de norte a sur el Ecuador, se encuentran en esta zonas las provincias de Pichincha, Carchi, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja, Imbabura y Cotopaxi. Toda la región está caracterizada por las increíbles elevaciones, nevados y volcanes.

La región Sierra permite la existencia de zonas frías, templadas y calientes. Se pueden encontrar valles de distintos climas y altitud respecto al nivel del mar.

Se ubica entre la cordillera oriental y occidental, formando el callejón interandino, siendo resultado de la sedimentación de material volcánico y montañas, acumulando material y logrando la unión de las cordilleras.

La serranía Ecuatoriana se formó a manera de escalera, pasando por ellas ríos principales y formándose ciudades importantes; Existe gran cantidad de nevados y volcanes capaces de superar los 5000 metros sobre el nivel del mar y que cuentan con formas de acceso adecuadas.

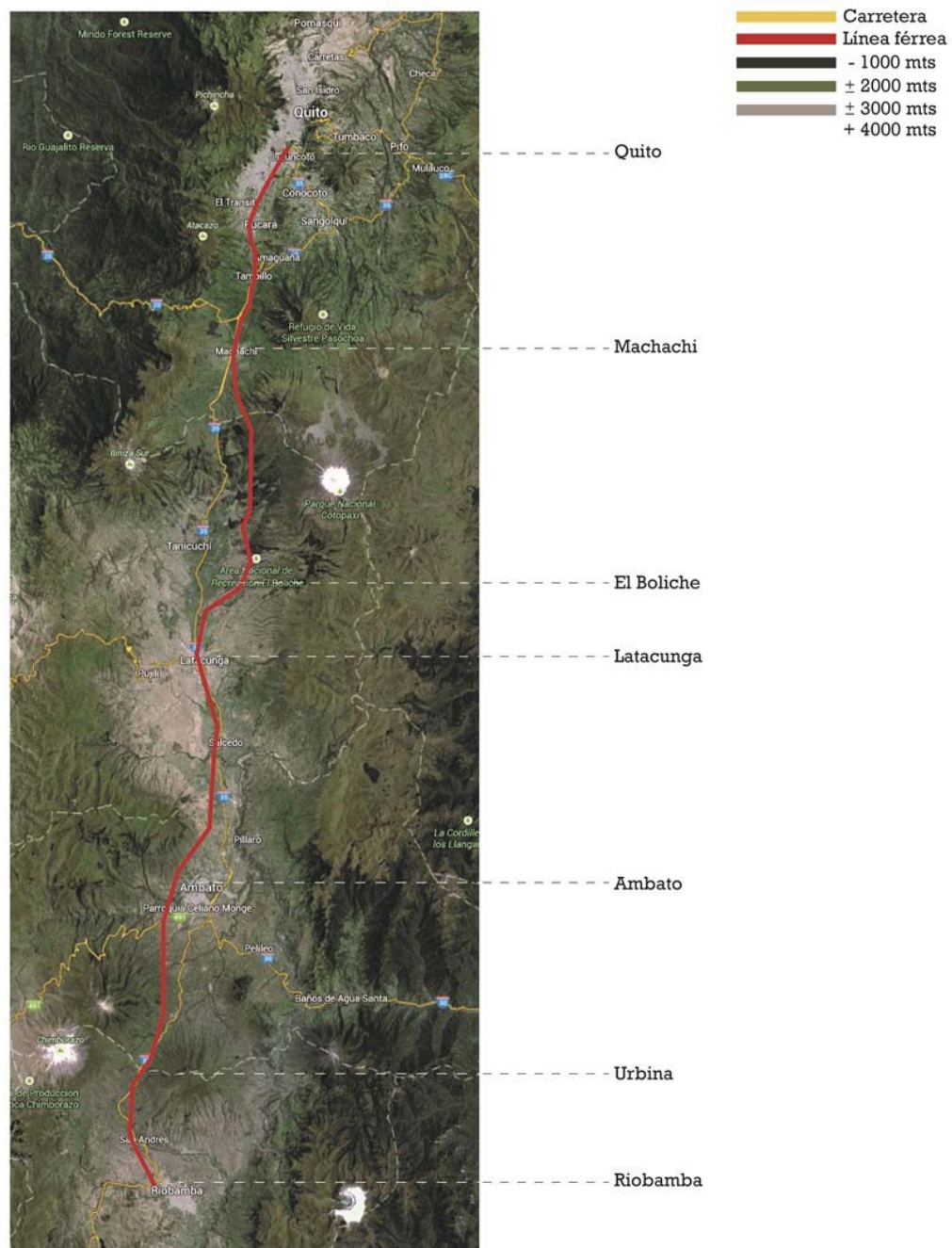


Figura 107. Estaciones y recorridos férreos de la zona sierra. Fuente:

www.google.com/maps/

5.1.2.2. DISTANCIAS

En la siguiente tabla se ha detallado las distancias entre los puntos más importantes de la investigación:

Tabla V. II
Distancias entre Estaciones del Ferrocarril – Zona Sierra Centro.

	QUITO	MACHACHI	BOLICHE	LATACUNGA	URBINA	RIOBAMBA
QUITO	.	20 km	29 km	49 km	172 km	188 km
MACHACHI	20 km	.	9 km	20 km	70 km	168 km
BOLICHE	29 km	9 km	.	11 km	94 km	159 km
LATACUNGA	49 km	20 km	11 km	.	83 km	99 km
URBINA	172 km	70 km	94 km	83 km	.	16 km
RIOBAMBA	188 km	168 km	159 km	99 km	16 km	.

5.1.2.3. ELEVACIONES

Las elevaciones como símbolos del Ecuador han tenido mucho renombre en el exterior, logrando que nevados y volcanes del Ecuador sean sitios turísticos estratégicos, las grandes alturas y lo atractivo de los paisajes han logrado fortalecer el turismo en lugares aledaños a estas elevaciones. Entre las principales son el Chimborazo, el Cotopaxi, el Tungurahua, etc. Formaciones fácilmente reconocibles que muchas veces actúan como actores principales en la identificación de sus provincias y ciudades.

Tabla V. III
Elevaciones del Ecuador – Zona Sierra Centro.

ELEVACIÓN	ALTURA	PROVINCIA
Chimborazo	6310	Chimborazo
Cotopaxi	5987	Cotopaxi
Altar	5319	Chimborazo
Illiniza Sur	5248	Cotopaxi
Tungurahua	5023	Tungurahua
Carhuairazo	5020	Tungurahua
Corazón	4790	Pichincha
Guagua	4787	Pichincha

5.1.3. DIVISIÓN POLÍTICA

El Ecuador posee cuatro regiones, Costa, Sierra, Oriente y la Región Insular, cada una de ellas autónoma. Estas están constituidas por las provincias que se ubican en cada zona, dividiéndose así en 11 provincias en la Sierra, 6 provincias en la Costa, 6 en el Oriente y las Islas Galápagos. Sumando un total de 24 provincias.



Figura 108. División Política del Ecuador. Fuente:
<http://commons.wikimedia.org/>

CAPÍTULO VI

3.7. PRODUCCIÓN Y DISEÑO

Entre las diferentes actividades requeridas para realizar un simulador de video juego, el diseño del entorno virtual es el eje donde se decide las acciones generales del usuario, el estudio realizado indica la manera correcta de elaborar un escenario para interacción usuario-máquina.

3.7.1. COMPILACIÓN DE INFORMACIÓN

6.1.1.1 INFORMACIÓN GENERAL

Riobamba.- Es la capital de la provincia de Chimborazo, se ubica en el centro geográfico del país, a una altura de 2.750 metros sobre el nivel del mar, el paisaje único de la ciudad se debe gracias a su gran e imponente nevado el Chimborazo, el volcán Tungurahua, el volcán Altar y el Carihuañirazo.

Riobamba es un atractivo turístico para visitantes locales e igualmente extranjeros. Aparte de sus volcanes, la ciudad muestra varios encantos arquitectónicos del siglo XIX y XX, entre ellos están, el parque Sucre, el parque Maldonado, el palacio municipal, la Catedral, el correo del Ecuador, la iglesia de la Concepción, la Basílica y la estación del ferrocarril edificio a ser parte de la investigación.



Figura 109. Ciudad de Riobamba. Fuente: www.skyscrapercity.com

Urbina.- Se encuentra localizada en la Parroquia San Andrés perteneciente al Cantón Guano, en el sector de Chuquipogyo, a 1 Km de la carretera entre Riobamba y Ambato, mayormente conocido por la estación de ferrocarril y su tramo cercano al nevado el Chimborazo y el más alto de todo el sistema férreo Ecuatoriano.



Figura 110. Faldas del volcán El Chimborazo. Fuente: www.flickr.com

Latacunga.- Capital de la provincia de Cotopaxi y cabecera cantonal del cantón homónimo. Ubicada en la sierra centro del país, cerca del volcán Cotopaxi en la hoya de Patate. Se eleva a 2.750 metros sobre el nivel del mar.

Mayormente la producción de la ciudad se otorga a las industrias florícolas que han dinamizado la economía y convirtiéndola en el

motor económico de divisas de la Sierra Centro, También cuenta con industria minera, de caliza y cemento, industrias metalúrgicas livianas y pesada, agroindustria, industria lechera y ganadera, posee un aeropuerto internacional con tráfico aéreo moderado.

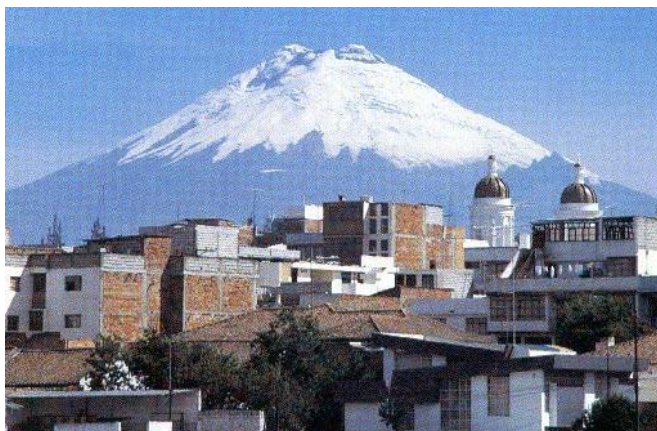


Figura 111. Ciudad de Latacunga. Fuente: www.agente11331.com

Quito.- San Francisco de Quito, capital de la república del Ecuador y también de la provincia de Pichincha, es la segunda ciudad más poblada.

Ubicada sobre la hoya de Guayllabamba en las laderas orientales del volcán Pichincha, su altitud promedio es de 2.800 metros sobre el nivel del mar.

Es la primera ciudad declarada, junto a Cracovia en Polonia, como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la Unesco, el 18 de septiembre de 1978. Quito posee el centro histórico más grande y mejor preservado de América donde también se ubica la estación de ferrocarril Chimbacalle joya arquitectónica e icono simbólico de la ciudad. En 2008, Quito fue nombrada sede de la Unión de Naciones Suramericanas (Unasur), siendo así el centro de reuniones oficiales de los países de América del Sur.

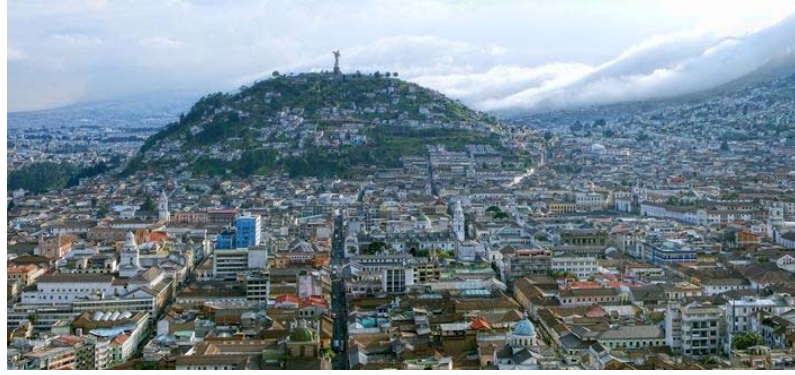


Figura 112. Ciudad de Quito. Fuente: www.mansiondelangel.com.ec

6.1.1.2 CARACTERÍSTICAS ESTACIONES

Estación Riobamba.- Estilo colonial de la época asemejándose a las edificaciones de la ciudad, paredes de piedra y ladrillo, techo de tejas, puertas, ventanas y algunas columnas de madera, fachada de color amarillo, las principales características del diseño de la estación es su tamaño, más largo que ancho, sus detalles en piedra pulida, sus áreas abiertas y altura.

A partir del gobierno del Economista Rafael Correa se restaura el funcionamiento de la estación ferroviaria, enfocándola en un sentido turístico. Las remodelaciones constan de un café del tren, hall de artesanías, señalética, cerramiento, iluminación y una plaza denominada “Plaza Alfaro”

Estación Urbina.- La estación de Urbina es una edificación de estilo colonial constituida de dos pisos con techo de tejas, puertas, ventanas de madera, paredes de ladrillo y fachada de color blanco, posee áreas abiertas para representaciones artísticas de la localidad, museo, flora y fauna representativa de la zona.

Estación Latacunga.- La estación de tren de Latacunga fue inaugurada el 22 de junio de 1907. Posee una Plaza Artesanal del Tren que está ubicada en la Calle Marco Aurelio Subia y Av. 5 de Junio.

Cuenta con una amplia estructura de madera y un techo de teja, fachada de color Blanca y una buena iluminación.

Actualmente funcionan las oficinas administrativas de la empresa estatal Ferrocarriles del Ecuador, con la remodelación de la estación su valor turístico aumentado significativamente, debido a que su estructura posee rasgos clásicos de épocas coloniales.

Estación Chimbacalle.- Ubicada en el centro sur de Quito, entre las calles Quilotoa s/n y Sangay, abrió sus puertas hace 106 años, con la llegada del tren en 1908. El nombre de la estación se debe a que en ese lugar había una calle paralela al ingreso principal de Quito, de la combinación de la palabra quichua, chimba (que significa al frente) y calle. Por lo tanto quiere su significado sería ‘calle de enfrente’.

En la actualidad, la infraestructura se restauró, las bodegas funcionan como salones de uso múltiple en la parte baja, seguidas por el Café del tren y las oficinas de Atención al cliente.

Otros bloques funcionan como oficinas y en uno de ellos se adecuó el Museo del Tren. Es la estación más grande del país, posee de dos pisos de altura, fachada de color amarillo, paredes y piso de piedra y ladrillo, ventanas, puertas y columnas de madera, cerramiento de postes metálicos.

6.1.1.3 Fotografías

Estación Riobamba



Figura 113. Puerta de entrada del tren. Fuente: andes.info.ec

Estación Urbina



Figura 114. Estación de Tren Urbina.

Estación Latacunga



Figura 115. Estación de Tren Latacunga. Fuente:
www.panoramio.com

Estación Chimbacalle



Figura 116. Estación de Tren Chimbacalle.

3.7.2. RESTRICCIONES DE DISEÑO

Principales restricciones de diseño en simulador virtual.

- 1- Bajo poligonaje.- El modelado adecuado para una simulación fluida corresponde a un control en el número de polígonos creados por el modelador, entre más polígonos posee el objeto mayor será la cantidad de información que el motor de video juegos procese, ralentizando la simulación y perdiendo la continuidad de la interacción del usuario.
Por tal motivo se utilizó un moderado de polígonos en la creación de entidades virtuales en tres dimensiones.
- 2- Texturizado.- Las texturas de los diferentes objetos modelados fueron colocados de manera correcta, abarcando el total de la superficie visible, logrando una simulación realista.
El tamaño de pixeles en las imágenes utilizadas para texturizar objetos, deben ser inferiores, con el fin de economizar espacio virtual en la simulación.
- 3- Tamaño de terreno.- Se efectuó terrenos pequeños, basados en el uso requerido por el diseñador, para una mejor vinculación con el espacio virtual asimilada por el usuario.
- 4- Escenas.- Tener varias escenas, ayudan al motor de video juego con la apertura de la simulación requerida, disminuyendo la espera del usuario y organizando de mejor manera los archivos.
- 5- Animaciones.- Animaciones de cámara, animaciones de objetos móviles, animaciones de personajes, se elaboraron de manera simple, ayudando al motor de video juego a ejecutar un movimiento fluido y realista de la entidad.
- 6- Sonido.- Se incorporó en la simulación sonidos en sistema estéreo para un mejor vínculo del usuario con el entorno virtual.

3.7.3. PRODUCCIÓN MODELADO 3D

Proceso de creación modelo Estación Riobamba en Autodesk 3D max 2011
(Versión Trial)

1.- Se Creó nuevo documento en programa a utilizar, denominarlo “Estación Riobamba”, ajustar medidas del programa con medidas reales esto se logra en la parte de configuración / unidades, donde cada unidad en el programa corresponderá a un centímetro real.



Figura 117. Configuración de unidades 3D max. Fuente: Leonardo Arévalo.

2.- Con los planos de la estación se modeló, básicamente con objetos simples como cajas, esferas, cilindros, dando forma original de las áreas que forman la estación, por ejemplo, área de atención al cliente, salas de esperas.

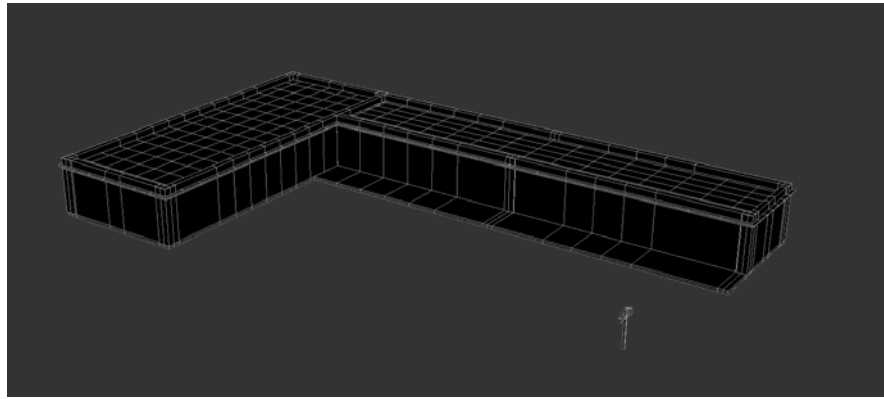


Figura 118. Modelado de la estación Riobamba.

3.- Se continúa dando forma a los pilares donde reposaran las tejas de una parte de la estación, generando lo más parecido al original.

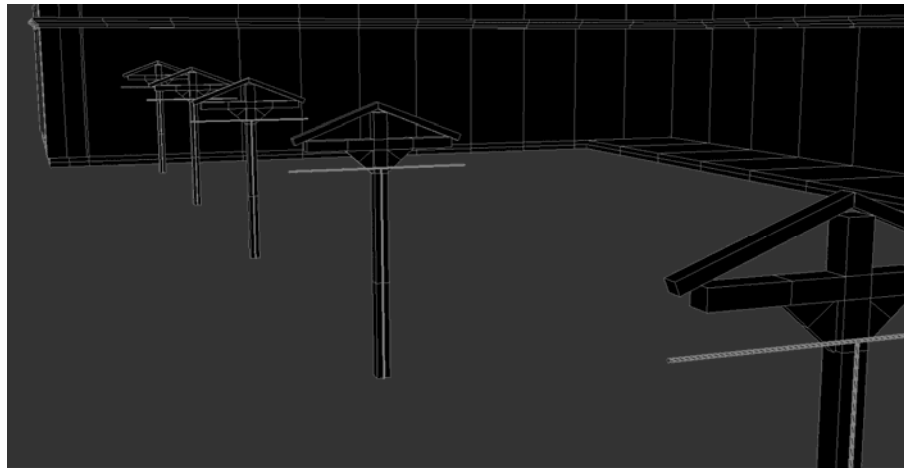


Figura 119. Modelado de pilares estación Riobamba.

4.- De igual manera se manejó rieles y paredes de la estación solo utilizando simples cajas, de ser necesario modificando caras del mismo objeto logrando crear un modelo parecido a la matriz real.

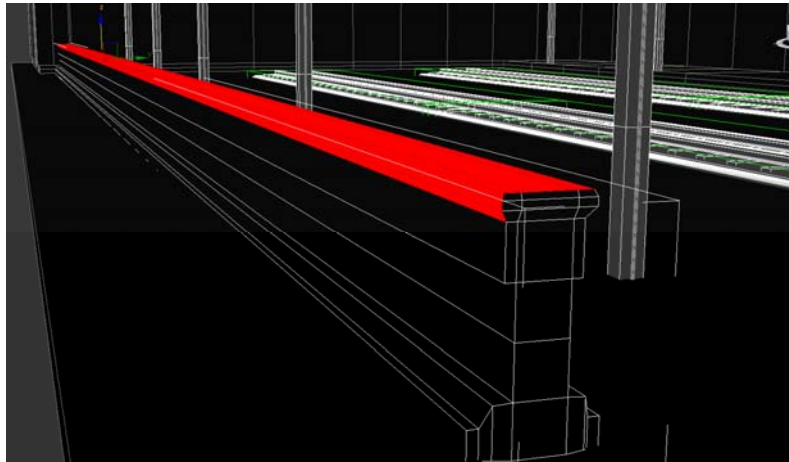


Figura 120. Modelado de paredes estación Riobamba.

5.- Se detectó varios detalles que fueron necesarios diseñarlos con ayuda de otros programas, específicamente Adobe Illustrator, exportándolo desde Archivo con extensión .DWG, archivo de dibujo técnico, compatible con Autodesk 3DS Max 2011, por ejemplo los complicados ornamentos de la cerca frontal de la estación Riobamba.

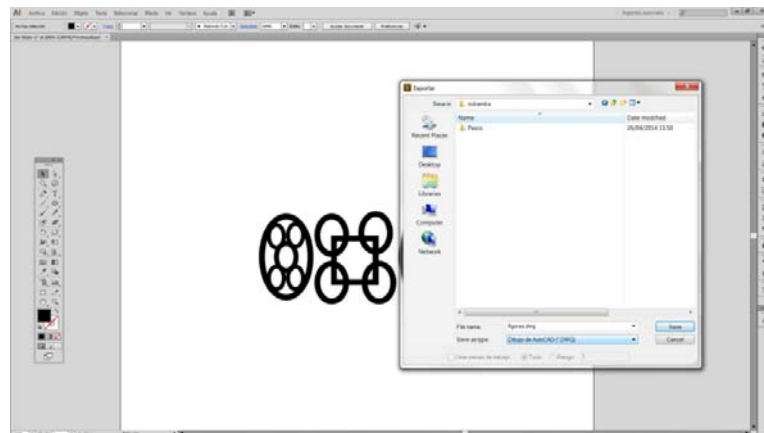


Figura 121. Exportación de diseño complejo.

6.- Se importó el archivo, DWG al 3DS Max desde menú, se incorporó al modelado como líneas, se aplicó una herramienta de extruir propia de la parte “modificar”, con el fin de lograr profundidad en el nuevo objeto. Continuando con el ejemplo anterior se dio volumen en 3DS Max.

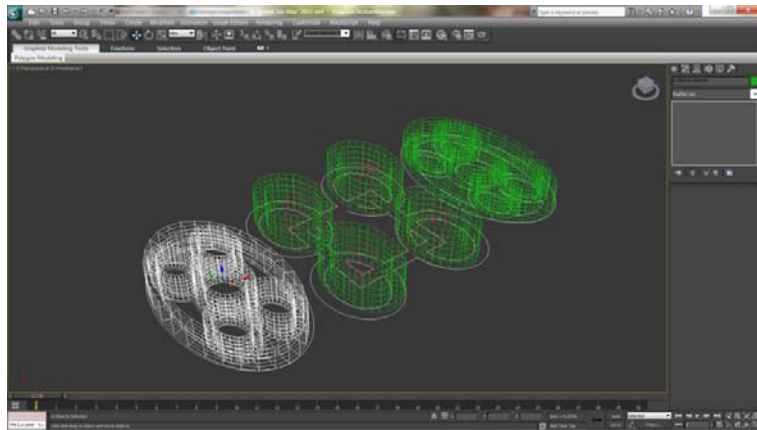


Figura 122. Herramienta extruir.

7.- Se continuó con el modelo de ventanas, puertas, columnas, utilizando cajas esencialmente u objetos vectoriales modificados en tamaño, rotación, posición.

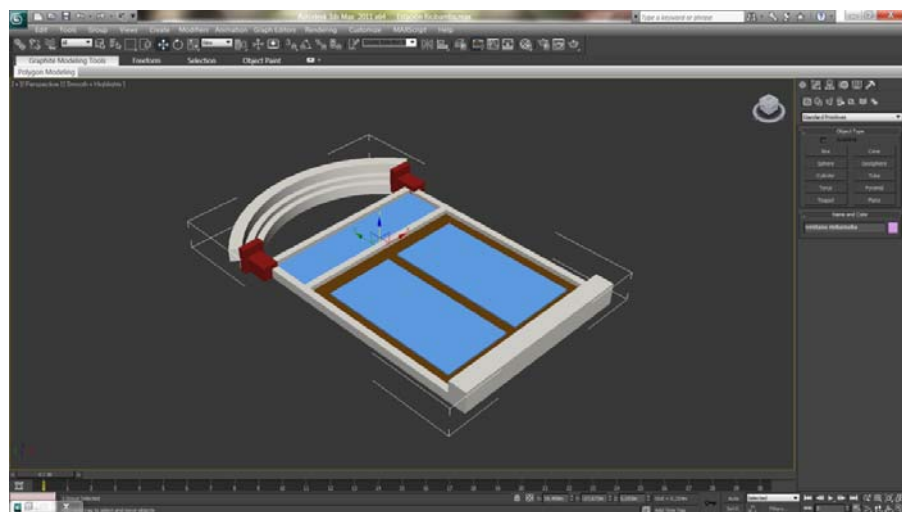


Figura 123. Modelaje de ventanas.

8.- El conjunto de los objetos modelados, se unió de acuerdo con el diseño de la estación original, adquiriendo mayor realismo en lo elaborado.

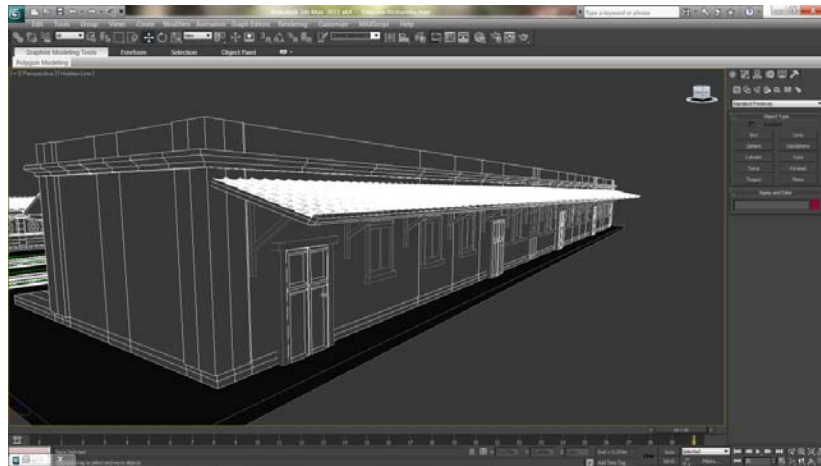


Figura 124. Modelaje de objetos según diseño.

9.- Finalmente se dio textura o colores en la estación terminada, llegando a obtener un modelo que refleje en gran detalle al original.

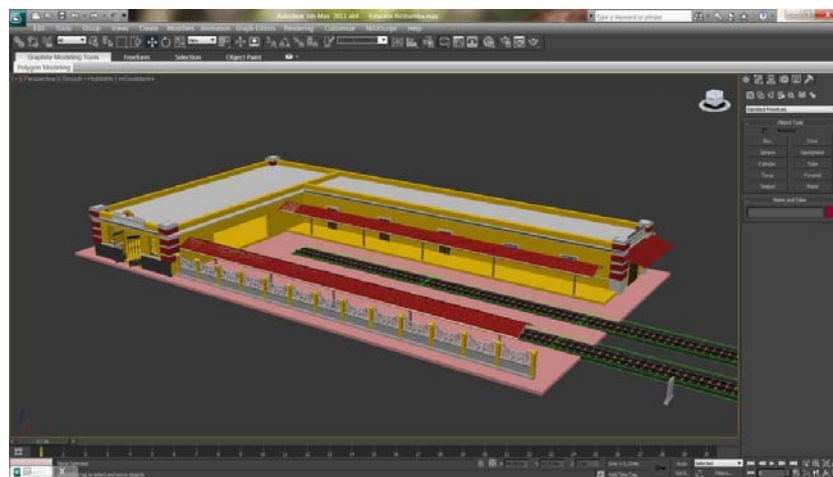


Figura 125. Textura y color de objetos según diseño.

3.7.4. INCRUSTACIÓN EN MOTOR DE VIDEOJUEGO

Exportación de estaciones en archivos .FBX en Autodesk 3DS Max 2011 (Versión Trial)

La exportación del objeto terminado en Autodesk 3DS Max, se realizó con ayuda de la barra menú / Exportar, configurando en .FBX (*Filmbbox*) el archivo a guardar. Reduciendo la probabilidad de errores de compatibilidad de polígonos y disminuyendo el tamaño del archivo.

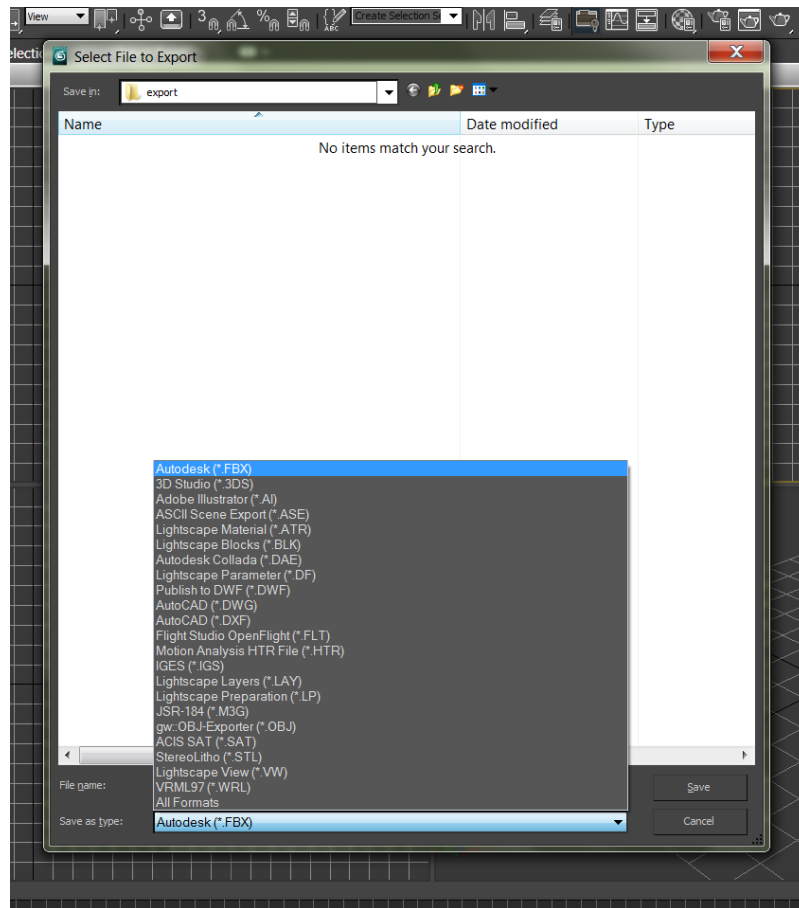


Figura 126. Exportación de objeto tridimensional.

ELABORACIÓN DE ESCENARIO VIRTUAL EN UNITY

La elaboración de un nuevo proyecto en UNITY, comienza con la asignación de los elementos presentados por el programa de construcción de un video juego, impidiendo que mientras se realice el diseño o programación del mismo, no exista errores o defectos en las aplicaciones que se desee tener en la simulación.

Terreno.- La elaboración de un terreno en UNITY es sencilla, se estableció medidas específicas antes de modelar la zona geográfica del lugar deseado. Se empieza por Objetos de Juego / crear otros / terreno.

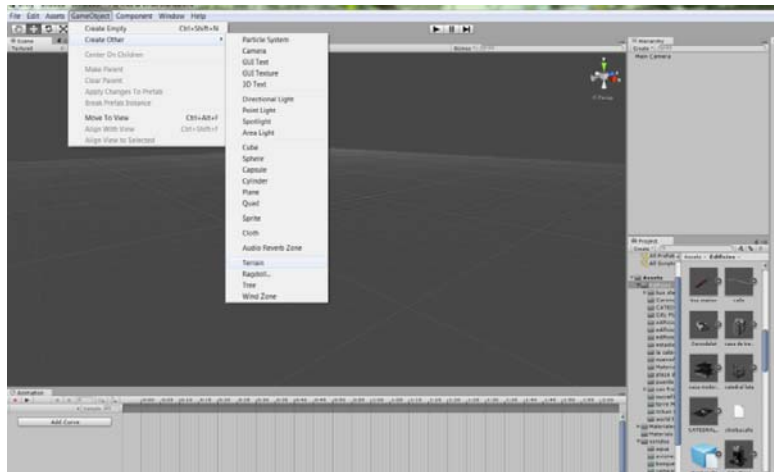


Figura 127. Crear terreno en UNITY.

El terreno se incorpora al escenario de forma plana, donde fue necesario crear montañas para un realismo con la geografía de la zona sierra, dependiendo de la provincia ubicada cada estación. Para elaborar montañas, llanuras, depresiones. Se utilizó una herramienta de elevación, ubicada en la parte derecha de la pantalla, cada opción de Script tiene su propio modificador de pincel.

Para utilizarlo se seleccionó el tamaño e intensidad de opacidad, esto ayuda mayor resalte a las montañas, se lleva el pincel a terreno ya creado y se empieza a dar clic para formar montañas de manera libre.

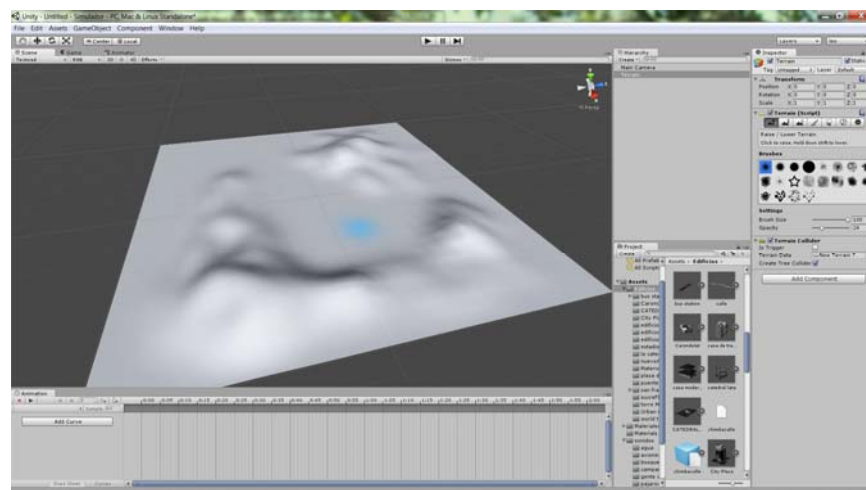


Figura 128. Crear montañas en UNITY.

Texturizado.- Sirve para lograr una textura en el terreno, y permitir un ambiente más agradable y realista para el usuario, para elaborar este proceso se debe dar clic en el script de paint texture luego añadir una textura predefinida en el programa en la parte de edit texture, simplemente se añade.

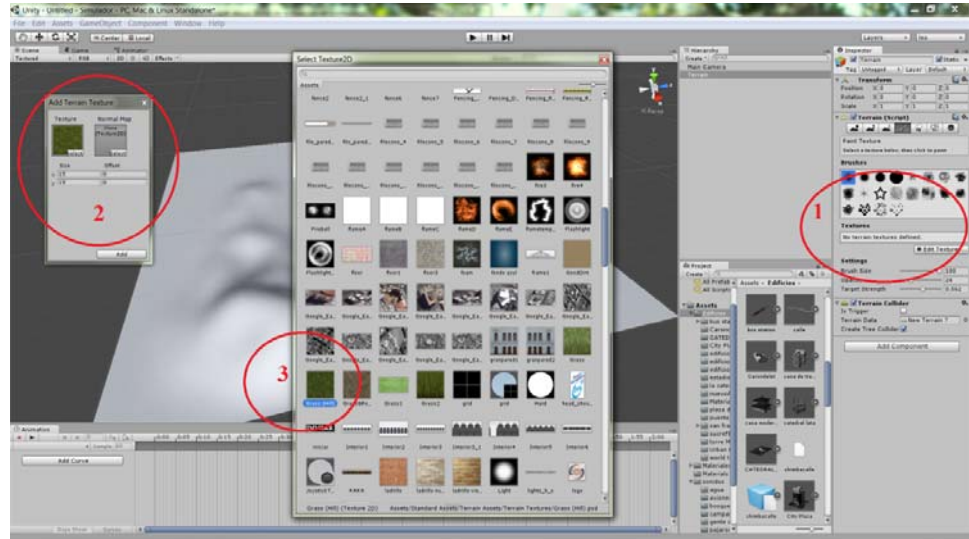


Figura 129. Teturas en unity.

Skybox.- Para elaborar un fondo de cielo (skybox) se localizó en la parte de edit / Render Settings, inmediatamente en la parte derecha aparece una ventana de configuraciones en la cual existe la opción de Skybox Material, la finalidad de esta, es lograr un cielo en el horizonte del terreno, simulando el cielo y la tierra cuando el usuario esta interactuando con el escenario, para activar el skybox se debe dar click en el botón derecho al cuadro de referencia, seleccionar la opción requerida y presionar el botón añadir.

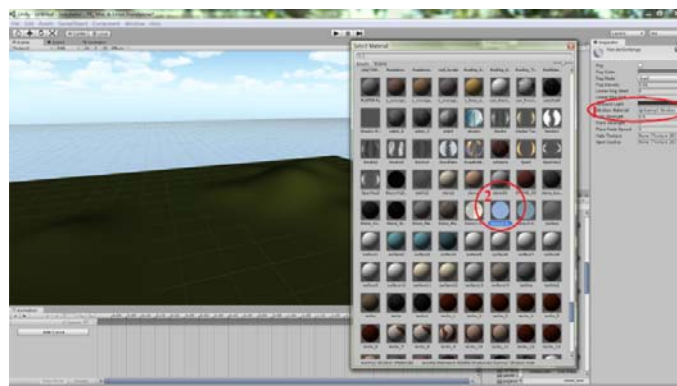


Figura 130. Skybox en unity.

Modo First Person.- La incorporación de un controlador en First Person (primera persona) es obligatorio porque el mismo será controlado por el usuario, con el fin de poder moverse, interactuar con objetos y apreciar el entorno virtual, es un elemento de suma importancia ya que si el cual no podría el usuario vincularse con la simulación.

Para la creación de un personaje en primera persona desde UNITY, esencialmente se selecciona y arrastra desde el panel de proyecto en la parte derecha inferior / favoritos / all prefabs / first person controller, al escenario construido, tomando en cuenta que el objeto se encuentre sobre el terreno, a continuación en la parte superior del programa existe un botón de play, lo seleccionamos y se puede observar lo que el usuario lograría ver

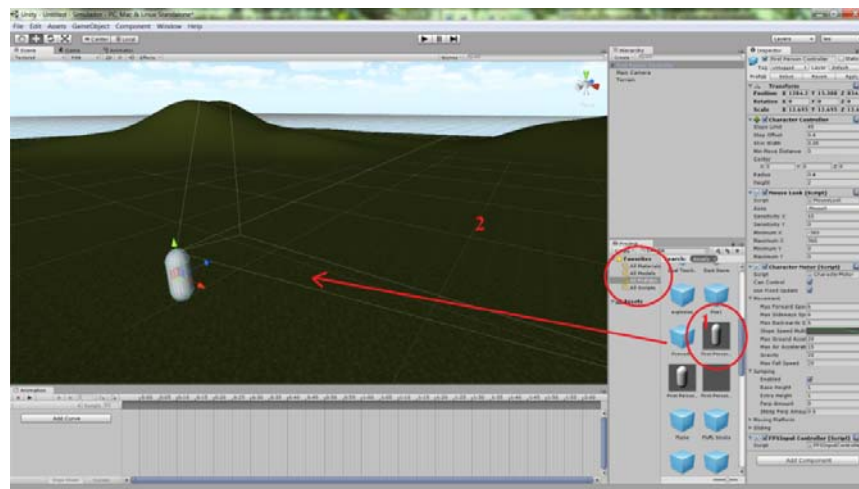


Figura 131. First Person controller en UNITY.

6.2.CONTROL DE FUNCIONAMIENTO

6.2.1. CONTROL DE MODELADO 3D

6.2.1.1.CONTROL DE MOVIMIENTO

El desplazamiento del personaje dentro del entorno debe ser fluido y controlado para lograr un desarrollo normal y realista de las actividades, es por ello que se ha optado por utilizar objetos sólidos invisibles que no permitan la movilidad del personaje más allá de cierto perímetro, de igual

manera se controló la penetración máxima que puede tener el personaje frente a un objeto, ubicando estos niveles según necesidades del sistema.

Se le permite al usuario utilizar la función de salto dentro del sistema para que pueda explorar el área cruzando los obstáculos que encuentre en su camino.

Se decide utilizar el sistema FPS para mejorar la observación de los elementos haciéndolo más real dentro del sistema.



Figura 132. First Person en ejecución, Urbina.

6.2.1.2. CONTROL DE MATERIALES

Se decidió realizar pruebas de materiales, ubicando al personaje en la escena y observando en detalle cada uno de los objetos inmersos en cada escena, corrigiéndose así posibles errores de materiales y modelados que pudiesen haber sido ubicados dentro de la misma posición X,Y. Considerando que este problema es bastante notorio y común en los videojuegos, no permitiendo al interprete saber que material o forma debe mostrar primero.



Figura 133.Texturizado de árboles y paredes.

6.2.1.3.CONTROL DE EVENTOS

Se analizó cada uno de los eventos que pudiesen presentarse en el uso de la aplicación, se utilizan controles y restricciones de sonido que permitan al usuario experimentar sonidos propios de ciertos lugares u objetos, como el caso del agua de un río corriendo. De igual manera se controló el funcionamiento de los botones interactivos presentes en la cabina del tren, interfaz que será observada en mayor porción de tiempo debido a la necesidad de controlar el ferrocarril a escala que se ubicará en la maqueta real.



Figura 134.Cabina de simulación controlada por el Usuario.

6.2.1.4.CONTROL DE COMPATIBILIDAD Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

La aplicación se ha probado en un ordenador de gama media funcionando con normalidad, no mostrando restricciones de compatibilidad de ninguna índole. Ha sido diseñada para ordenador por la cantidad de objetos y modelado realizado para lograr los efectos necesarios para lograr la semejanza entre las estaciones reales y virtuales lo que dificultaría el funcionamiento en dispositivos móviles como celulares o tablets.

La aplicación secundaria que funciona como mando háptico remoto de la aplicación principal, está diseñada para funcionar específicamente en dispositivos móviles de gama media y alta, debido a la necesidad de contar con un procesador capaz de enviar las señales a medida se ejecuten a través de la red Wi-Fi que controle los dispositivos. La capacidad que posee UNITY de comunicarse y adaptarse con los Sistemas Operativos que actualmente existen, permiten que los intérpretes nativos de Android, iOS y Windows 8.1 funcionen correctamente con esta aplicación de apoyo.

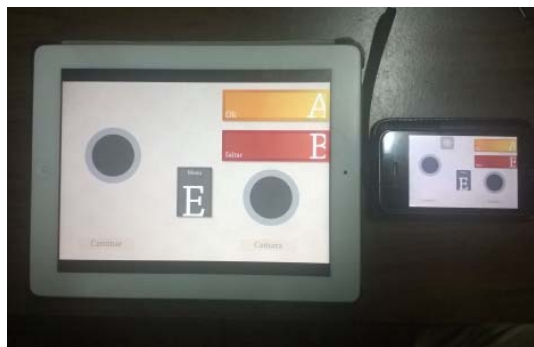


Figura 135. Mando remoto ejecutado en Iphone y Ipad.

6.2.2. CONTROL DE MOTOR DE VIDEOJUEGO

6.2.2.1.CONTROL DE INTERACCIÓN

Es imprescindible darle al usuario la posibilidad de interactuar con el entorno, objetos, edificaciones, vehículos, información, esto permitirá que el usuario interactúe, recibiendo información útil, que de apertura a una vía para el aprendizaje de la aplicación y la información que en ella se muestra.



Figura 136. Botón de accionado en información volcán Chimborazo.

Basados en esta necesidad el mando háptico remoto cuenta con un botón de acción que permitirá que el usuario interactúe con ciertos elementos presentes en la escena, como nevados y volcanes propios de la geografía de cada estación, counters de recepción, ingreso al ferrocarril, botones, válvulas, palancas, ect.

Esto incrementó el grado de interactividad de la interfaz y a la vez cumplirá con requerimientos de usabilidad que exigen la facilidad de movimiento, traslado y acción del usuario con el entorno, permitiéndole entender las funciones de las partes de la escena.



Figura 137. Botones de Acción y Salto / Íconos de información de la aplicación.

6.2.2.2.CONTROL DE SCRIPTS

Es necesaria la utilización de Scripts dentro de Unity que permitan dar a los objetos cierta inteligencia, para saber cuándo deben actuar, como el giro de válvulas, el control de velocidad dentro de la interfaz de conducción del ferrocarril, la orientación de la cabina cuando se ejecuta en el mando háptico remoto.

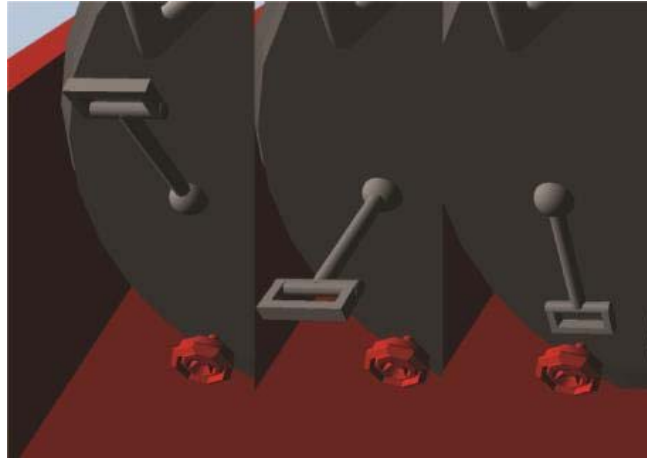


Figura 138. Posiciones en palanca de control de desplazamiento ferrocarril real.

Es indispensable también el hacer uso de Scripts para destinar ciertas acciones al control directo de la maqueta real que estará conectada a la aplicación, por lo que cada botón interactivo ubicado dentro de la cabina tendrá la tarea de enviar una secuencia de comandos al programa encargado del funcionamiento electrónico de la maqueta real.

6.2.2.3.CONTROL DE COMPATIBILIDAD

UNITY es un motor de videojuegos bastante compatible como los dispositivos del mercado, actualmente permite desarrollar y exportar aplicaciones tanto para ordenador como para dispositivos móviles, pudiendo estos ejecutar cualquiera de los tres sistemas operativos actualmente existentes.

De igual manera permite la conexión a través de sockets con diferentes aplicaciones, permitiendo la posibilidad de que exista una compatibilidad bastante buena con el Software LabView de National Instruments. El cual posteriormente será necesario para lograr el control de los componentes electrónicos que permitirán manipular la maqueta real.

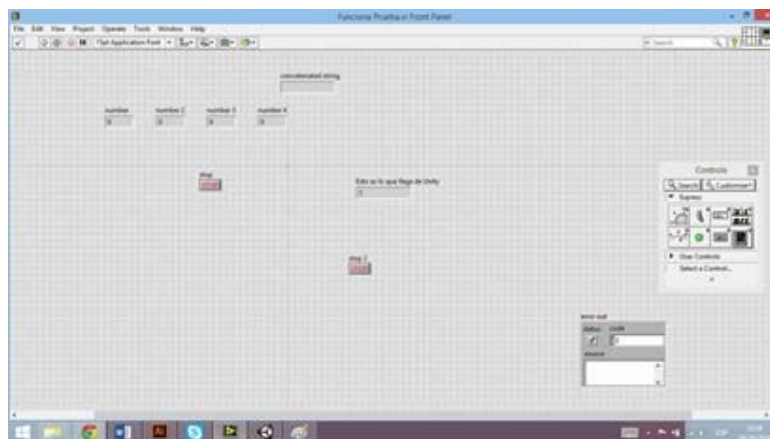


Figura 139. Programa de recepción de datos desde UNITY en LabView.

6.2.2.4.CONTROL DE EJECUCIÓN

Mediante el constante control y estudio realizado a la aplicación creada por Unity se ha podido crear un archivo ejecutable de tipo .exe, el mismo que ha sido ejecutado y evaluado, mostrando un funcionamiento correcto en cada uno de los aspectos regulados.

6.2.3. CONTROL DE INTERFAZ

6.2.3.1.CONTROL DE FUNCIONALIDAD

Todos los requerimientos y necesidades que se obtuvieron luego de la investigación realizada en este proyecto han sido implementados al momento de la creación de esta aplicación y su interfaz.

Para la comprobación de la usabilidad e interactividad de la aplicación, esta ha sido sometida a un método de inspección Heurístico con dos expertos en Usabilidad de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, docentes de

la Facultad de Informática y Electrónica, siendo la Ing. Cristina Ximenez y el Ing. Miguel Duque quienes colaboraron en esta labor.

Todas las observaciones, evaluaciones y recomendaciones presentadas por los expertos, han sido tomadas en cuenta para lograr un incremento en la percepción de usabilidad e interactividad por parte de los usuarios.

6.2.3.2.CONTROL DE VINCULACIÓN VIRTUAL – REAL

6.2.3.2.1. MÉTODO DE VINCULACIÓN

Para lograr una vinculación del sistema virtual – real utilizado en este proyecto ha sido necesaria la utilización de dos aplicaciones funcionales cada una en su área, siendo LabView la encargada de controlar todos el sistema electrónico presente en la maqueta a través del uso de la tarjeta DAQ OEM 6009 de National Instruments, quien recibe y emite las señales necesarias para el encendido, apagado y otros controles de los componentes electrónicos, como sensores QRD, luces leds, potenciómetros, etc.

Luego se integró el software que controla la computadora con UNITY, aplicación que programa y da estructura a la aplicación. Desde este punto se logró un control háptico de los elementos inmersos dentro del mundo virtual.

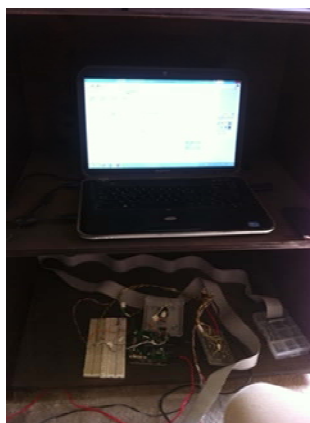


Figura 140. Conexión DAQ OEM 6009 a ordenador y componentes electrónicos de la maqueta.

La conexión que se realizó entre estas dos aplicaciones es Bidireccional, lo que quiere decir que cuando UNITY reciba una indicación mediante el dispositivo háptico, enviará una señal a LabView y este ejecutara una secuencia. De igual modo, cuando LabView reciba una señal de los sensores ubicados en la maqueta real, enviará un dato a UNITY para que este lo interprete y ejecute una secuencia dentro del sistema virtual.

Este tipo de conexión se la conoce como “Conexión por Sockets” y consiste en la apertura de clientes y servidores, que escuchen o envíen señales. Estos sockets funcionan en base a la dirección IP del ordenador, quien puede enviar o recibir señales desde cualquier dispositivo conectado a la red, pudiendo ser este un ordenador, un dispositivo móvil, o incluso el mismo ordenador principal, la conexión permite descartar la necesidad de un servicio de internet, necesitando únicamente una red WiFi o WLAN para funcionar correctamente.

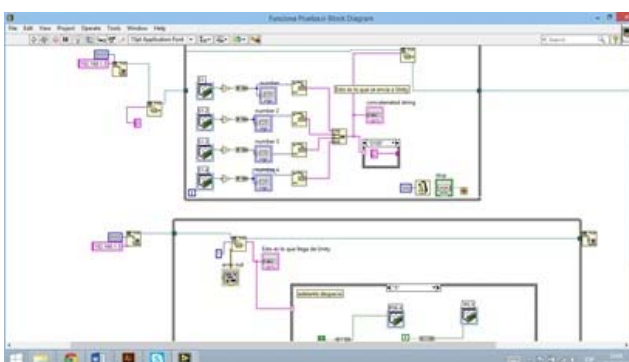


Figura 141. Diagrama de Bloque de Tareas ejecutadas por LabView al recibir información de UNITY.

6.2.3.2.2. SISTEMAS DIGITALES – ANÁLOGOS

Se utilizó un sistema digital para el control de ciertos elementos que permiten la manipulación directa de los componentes electrónicos, como es el caso del encendido de luces en estaciones, accionamiento del pito cuando se conduce el ferrocarril, el accionamiento del freno, pero será necesario utilizar un sistema análogo para el control de la velocidad en el caso del ferrocarril real, entendiéndose como análoga la variación continua y suave de corriente, generalmente este sistema de aceleración es controlado de

manera manual mediante una perilla ubicada en el mando del tren, pero será necesario conectarlo a la DAQ OEM 6009, esto permitirá que el potenciómetro virtual, una palanca dentro de cabina, controle el potenciómetro análogo conectado a la DAQ, regulando así la velocidad.



Figura 142. Tren a Escala partiendo de la Estación de Riobamba, controlado totalmente desde UNITY.

CAPÍTULO VII

6.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para la comprobación de esta hipótesis se ha realizado un test con estudiantes de educación secundaria, formándose con ellos un focus group de 20 personas entre hombres y mujeres.

El test se realizó mediante el siguiente formato de test, en actividades propias de la aplicación, sirviendo este para medir el grado de usabilidad que percibe en usuario:

FORMATO DE TEST PARA USUARIOS CON INSTRUCCIÓN SECUNDARIA.

TEST DE USABILIDAD PARA INTERFAZ HÁPTICA.

1.- Ejecución de Tareas.

Tarea 1.

Duración.	
Errores.	
Control.	
Eficiencia.	
Habilidades.	
Observaciones	

Tarea 2.

Duración.	
Errores.	
Control.	
Eficiencia.	
Habilidades.	
Observaciones	

2.- Evaluación de resultados:

2.1. Pudo completar las tareas (Encierre en un círculo)

1-----2-----3-----4-----5
Muy fácilmente Fácilmente Moderadamente Difícilmente Muy Difícilmente

2.2. Considera usted que los mensajes fueron apropiados (Encierre en un círculo)

1-----2-----3-----4-----5
Nada apropiados Algo Apropiados Apropiado Muy apropiados Totalmente Difícilmente

2.2. ¿Le fue fácil desplazarse por el entorno virtual? (Encierre en un círculo)

1-----2-----3-----4-----5
Muy fácilmente Fácilmente Moderadamente Difícilmente Muy Difícilmente

2.2. En qué grado considera usted que le fue fácil utilizar la aplicación. (Encierre en un círculo)

1-----2-----3-----4-----5
Muy fácilmente Fácilmente Moderadamente Difícilmente Muy Difícilmente

El siguiente test se realizó mediante el siguiente formato, en actividades propias de la aplicación, sirviendo este para medir el grado de interactividad que percibe el usuario:

FORMATO DE TEST PARA USUARIOS CON INSTRUCCIÓN SECUNDARIA.

TEST DE INTERACTIVIDAD PARA INTERFAZ HÁPTICA.

EJECUCIÓN DE TAREAS:

Tarea 1.

Intervención del usuario.	
Transformación del espectador en actor.	
Observaciones	

1.-En una escala de 1 al 5 valore la transformación del espectador en actor.

1-----2-----3-----4-----5

2.-En una escala de 1 al 5 determine el grado de interacción del usuario con el entorno.

1-----2-----3-----4-----5

3.-En una escala de 1 al 3 valore la interactividad de la aplicación mostrada (encierre en un círculo siendo tres la más interactiva.)

1-----2-----3

Luego de la tabulación de los resultados obtenidos se pudo determinar que:

El 95% de los estudiantes que colaboraron con este test, pudieron realizar las tareas de una manera fácil.



Figura 143. Porcentaje de estudiantes que cumplieron las tareas exitosamente.

Tabla VII. I

Tabulación de resultado Pregunta 1 – Test de Usabilidad N°2.

USABILIDAD PREGUNTA 1 - Pudo completar las tareas?				
MUY DIFÍCIL	DIFÍCIL	MODERADO	FÁCIL	MUY FÁCIL
0	0	0	1	19
0%	0%	0%	5%	95%

El 100% de los estudiantes que colaboraron con este test, opinaron que los mensajes mostrados por la aplicación fueron apropiados.



Figura 144. Porcentaje de Captación de los mensajes enviados por la aplicación.

Tabla VII. II

Tabulación de resultado Pregunta 2 – Test de Usabilidad N°2.

USABILIDAD PREGUNTA 2 - Los mensajes fueron apropiados				
MUY DIFICIL	DIFICIL	MODERADO	FÁCIL	MUY FÁCIL
1	2	3	4	5
0%	0%	0%	0%	100%

El 95% de los estudiantes sometidos a este test mostraron facilidad para desplazarse por el entorno.

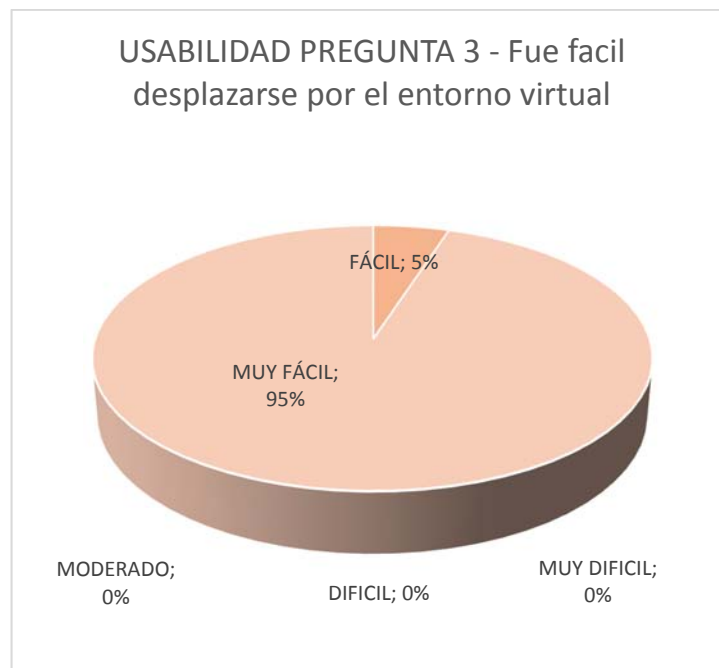


Figura 145. Porcentaje de facilidad para desplazamiento en entorno.

Tabla VII. III

Tabulación de resultado Pregunta 3 – Test de Usabilidad N°2.

USABILIDAD PREGUNTA 3 - Fue facil desplazarse por el entorno virtual				
MUY DIFÍCIL	DIFÍCIL	MODERADO	FÁCIL	MUY FÁCIL
0	0	0	1	19
0%	0%	0%	5%	95%

El 90% de estudiantes evaluados consideran que la aplicación posee un nivel de usabilidad óptimo y un 10% lo considera Usable.

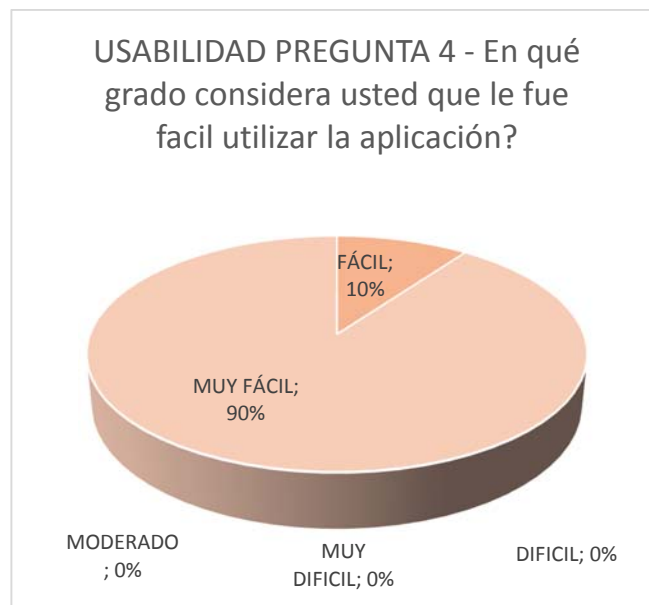


Figura 146. Porcentaje de Percepción de usabilidad de la aplicación.

Tabla VII. IV

Tabulación de resultado Pregunta 3 – Test de Usabilidad N°2.

USABILIDAD PREGUNTA 4 - En qué grado considera usted que le fue facil utilizar la aplicación?				
MUY DIFICIL	DIFICIL	MODERADO	FÁCIL	MUY FÁCIL
0	0	0	2	18
0%	0%	0%	10%	90%

En la segunda parte de la investigación, se obtuvieron resultados que muestran un 100% de interactividad de los estudiantes, arrojando los siguientes resultados:

Tabla VII. V

Tabulación de resultado Pregunta 1 – Test de Interactividad N°2.

TEST CON USUARIOS - INTERACTIVIDAD				
INTERACTIVIDAD PREGUNTA 1 - Grado de transformación del espectador en actor				
PÉSIMO	MALO	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
0	0	0	0	20
0%	0%	0%	0%	100%

Tabla VII. VI

Tabulación de resultado Pregunta 2 – Test de Interactividad N°2.

INTERACTIVIDAD PREGUNTA 2 - Grado de intervención del usuario				
PÉSIMO	MALO	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
0	0	0	0	20
0%	0%	0%	0%	100%

Tabla VII. VII

Tabulación de resultado Pregunta 3 – Test de Interactividad N°2.

INTERACTIVIDAD PREGUNTA 3 - ¿En qué grado considera usted que la aplicación es interactiva?		
BAJO	MEDIO	ALTO
1	2	3
0%	0%	100%

Con los resultados obtenidos de la tabulación de las dos evaluaciones, se muestra un aumento notable del nivel de percepción de la usabilidad e interactividad, de igual manera las pruebas de observación que realizaron los expertos, determinaron que cumplieran con el objetivo sobre el segmento objetivo determinado, quedando así comprobada la hipótesis planteada.

CONCLUSIONES

- El uso de una interfaz háptica en una aplicación 3D, mejora la usabilidad e interactividad del usuario en el aprendizaje y manipulación de un sistema tanto virtual como físico.
- Combinar sistemas virtuales con reales, acelera los procesos de aprendizaje de los estudiantes de educación secundaria.
- Un sistema virtual – real ayuda a mejorar la retención de información y permite al usuario participar activamente en entornos virtuales.
- El uso de tecnología como medio académico y de investigación se está constituyendo como una herramienta necesaria en el siglo XXI, siendo los teléfonos móviles y las tabletas los dispositivos de mayor aceptación dentro del mercado, por su versatilidad y cantidad de prestaciones.
- El uso de interfaces hápticas viene a constituirse como una necesidad frente a la constante evolución de los sistemas informáticos, la importancia de incrementar el grado de usabilidad e interactividad obliga a la constante actualización de la forma de control de aplicaciones e interfaces.
- La cantidad de usos y aplicaciones que poseen las interfaces hápticas, permiten la vinculación de estas en diferentes campos de acción, como la mecánica, la medicina, la astronomía, la educación, la industria, la cultura y demás campos que requieran la transmisión de información efectiva e inmediata.
- Es posible integrar un sistema virtual digital con un sistema mecánico análogo, obteniendo una interfaz lúdica y amigable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar interfaces hápticas para mejorar el control y manipulación de aplicaciones que requieran un nivel avanzado de interacción.
- Para un mejor desempeño dentro de una aplicación que funcione en base a interfaces hápticas, se recomienda utilizar dispositivos ergonómicamente diseñados, que permitan al usuario interactuar con el entorno virtual de manera fluida y natural.
- Es recomendable potencializar programas virtuales, conectándolos con entornos reales para lograr una interactividad efectiva, permitiendo que la información sea captada y se la procese de una manera eficiente, convirtiendo al sistema en algo lúdico.
- El diseño tanto de la aplicación como de su interfaz de control, debe cumplir con ciertos parámetros funcionales y estéticos, basados en el perfil de usuario, permitiendo que este sea atraído hacia el uso de la aplicación, la sienta familiar y se evite la monotonía.
- Se recomienda la difusión y presentación adecuada de la maqueta de transporte ESPOCH, convirtiéndola en un medio tanto turístico como educativo para el conocimiento de la ruta férrea de la zona central del país, mostrándola como un ícono de innovación, investigación, desarrollo científico y un aporte al objetivo nacional de buen vivir.
- Se recomienda utilizar este sistema en futuros proyectos de investigación, pudiendo convertirse en un adelanto para la sociedad y para el sistema de transmisión de información.

RESUMEN

El trabajo realizado propone investigar e identificar niveles de usabilidad e interactividad en interfaces hápticas (sentir objetos virtuales) para manipulación de aplicaciones 3D. Aplicándola a maqueta férrea a escala, manipulada por estudiantes de educación secundaria. La obtención de información se realizó mediante el método deductivo, recolectando datos sobre preferencias, necesidades, y requerimientos para elaborar un entorno virtual 3D utilizando 3DSMAX 2011 Trial (Software Modelado 3D) y Unity 4.3 Trial (Software Simulación), capaz de vincularse y transmitir información relevante sobre aspectos geográficos, sociales y culturales de la serranía central. Posteriormente complementada a una maqueta real controlada por sistemas electrónicos. La indagación realizada a estudiantes de bachillerato, muestra que el 56 % poseen capacidad y disposición de manipulación de interfaces, cometiendo errores leves o moderados. Se encontró también aceptación del 80 % en criterios de usabilidad y 84 % en interactividad hacia aplicaciones actuales en dispositivos móviles. Como evaluación final a la aplicación se demostró que la intervención de interfaces hápticas, remotamente controladas, en aplicaciones tridimensionales conectadas a entornos tangibles , incrementaron la usabilidad al 95 % y la interactividad al 100%, validando satisfactoriamente nuestra hipótesis planteada. Se concluye que combinar sistemas virtuales con reales acelera procesos de aprendizaje a nivel de educación secundaria, mejora la retención de información y permite al usuario participar activamente con entornos virtuales, convirtiendo aplicaciones lúdicas en herramientas académicas e investigativas. De igual forma incorporar interfaces hápticas orientadas hacia aplicaciones, constituye una necesidad debido a la evolución y constante mejora de sistemas.

ABSTRACT

The work performed aims to investigate and identify levels of usability and interactivity of haptic interfaces (feel virtual objects) for manipulation of 3D applications, by applying the same at a scale model railroad, manipulated by high school students. The information gathering was performed by the deductive method, collecting data about preferences, needs, and requirements for developing a 3D virtual environment using 3DSMAX 2011 Trial (3D Modeled Software) and Unity 4.3 Trial (Simulation Software). Capable to engage and transmit information relevant to geographical, social and cultural aspects of the central highlands. Subsequently it was complemented to a real model controlled by electronic systems. The inquiry made from high school students shows that 56 % possess ability and willingness for interfaces manipulation, making minor or moderate errors. Also, it was found an 80% of criteria for usability acceptance, and interactivity of 84% towards the current applications on mobile devices. As the final evaluation of the application, it was shown that the intervention of haptic interfaces controlled remotely by three-dimensional applications connected to tangible environments, increased 95% of the usability and 100% of interactivity, successfully validating our proposed hypothesis. We conclude that combining virtual systems with real ones accelerates learning processes at the secondary education level. It improves retention of information and allows the user to actively participate in virtual environments, converting recreational applications into academic and research tools. Likewise, to incorporate haptic interfaces oriented toward applications becomes a necessity due to the evolution and constant improvement of systems.

ANEXOS

Test de usabilidad Heurística avalado con expertos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo:

ANÁLISIS HEURÍSTICO DE USABILIDAD

“Gracias por participar en el análisis heurístico de usabilidad de la aplicación ESPOCH – FEED, que tiene como objetivo descubrir si dicha aplicación funciona adecuadamente y si los usuarios pueden usarla fácilmente. Por favor marque con un visto las afirmaciones que considere reales.

Nombre: _____ Fecha: _____

Profesión: _____

ASPECTOS GENERALES

- ☐ - ¿Cumple la aplicación con sus objetivos?
- ☐ - ¿Está diseñado para darle a los usuarios lo que ellos quieren?
- ☐ - ¿Es eficiente?
- ☐ - ¿Es intuitivo?
- ☐ - ¿Mantiene una consistencia tanto en su funcionamiento como en su apariencia?
- ☐ - ¿Facilita que el usuario se sienta cómodo y con el control de la aplicación?

BRANDING

- ☐ - ¿Muestra el menú principal la naturaleza del negocio y se identifica bien el logotipo o marca?
- ☐ - ¿Aparecen elementos de la marca o de la imagen corporativa en la aplicación?
- ☐ - ¿Los íconos de información aparecen en un lugar prominente?

NAVEGACIÓN

- ☐ - ¿El texto que aparece en pantalla es entendible y claro?
- ☐ - ¿Permite la aplicación la conducción libre del ferrocarril?

- ☐ - ¿Se mantiene uniformidad en toda la aplicación?
- ☐ - ¿Existen elementos que permitan al usuario saber exactamente dónde se encuentra dentro de la simulación?
- ☐ - ¿Indican los íconos de información claramente hacia dónde apuntan? ¿Está claro lo que el usuario encontrará detrás de cada uno?

IMÁGENES

- ☐ - ¿Las imágenes utilizadas tienen una resolución adecuada con una resolución correcta?
- ☐ - ¿El texto que acompaña a las imágenes permite la captación del contenido?

ANIMACIONES

- ☐ - Las animaciones iniciales en escenas, son adecuadas en tiempo y ejecución

CONTENIDOS

- ☐ - ¿Es coherente el contenido con el contexto de la aplicación?
- ☐ - ¿La redacción es corta y precisa?

TECNOLOGÍA

- ☐ - ¿La tecnología utilizada en la aplicación es compatible con el software y hardware de los usuarios objetivos?

INTERFAZ

- ☐ - ¿Tiene la aplicación una interfaz amigable, con colores que concuerden con los objetivos, propósitos y marca de la aplicación?
- ☐ - ¿Hay espacios blancos (libres) entre el contenido informativo y el entorno?

FEEDBACK

☐ - ¿Se han previsto respuestas del sistema frente a interacciones del usuario? (ej, se le informa al usuario que debe hacer al llegar a la estación).

.....

COMENTARIOS DE USO _____

SUGERENCIAS _____

BIBLIOGRAFÍA

APARICI, R., Pedagogía de la Interactividad., Madrid – España., PrePrint., 2011., 1 - 7 Pp.

FERNANDEZ, M., Modelado texturizado y ajustes de malla., Madrid – España., 2011., 6 - 17 Pp.

GENOY, J. y otros., Interfaz háptica de cuatro grados de libertad para aplicaciones quirúrgicas., Popayán – Colombia., 2010., 42 Pp.

GONZALES, C., Arquitectura de la Información: diseño e implementación., Lima – Perú., 2003., 110 - 197 Pp.

GONZALEZ, C. y otros., Programación Gráfica., 2da. Ed., Castilla – España., Bubok., 2008., 290 - 294 Pp.

HARA, M. y otros., Perceptual illusion in virtual reality using haptic interface. Intelligent Robots and Systems, Volume 4., 2004., 3901 – 3906 Pp.

JURADO, F. y otros., Desarrollo de Componentes de Videojuegos., 2da. Ed., Castilla – España., Bubok., 2008., 302 - 311 Pp.

KOENIGSMARCK, A., Creación y modelado de personajes 3D (Diseño Y Creatividad)., Anaya Multimedia., 2008., 68 - 77 Pp.

ROSENFELD L. y otros., Information Architecture for the World Wide Web: Designing Large-Scale Web Sites., 2nd Ed., Washington – USA., O'Reilly Media., 2002., 36 - 50 Pp.

SANKARANARAYANAN, G. y otros., Role of haptics in teaching structural molecular biology. In Proceedings of the 11th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems., Washington –USA., 2003., 117 - 139 Pp.

TANJA V., Usabilidad en aplicaciones informáticas., Madrid – España., 2012., 11-17 Pp.

VALLEJO, D. y otros., Arquitectura del Motor de Videojuegos., 2da. Ed., Castilla – España., Bubok., 2008., 296 Pp.

VAUGHAN, W., Modelado digital (Espacio De Diseño)., Washington – USA., Anaya Multimedia; 2012., 62 – 70 Pp.

VILLA, D. y otros., Técnicas Avanzadas de Videojuegos., 2da. Ed., Castilla – España., Bubok., 2008., 355 Pp.

LINKOGRAFIA

APLICACIONES DE LA SIMULACION EN LA IA

<http://www.buenastareas.com/ensayos/>

2014 – 01 - 20

FUTURO DE LA TECNOLOGÍA TACTIL

<http://mexico.cnn.com/tecnologia/2013/11/03/>

2014 – 01 – 26

GRÁFICOS 3D POR COMPUTADORA

http://es.wikipedia.org/wiki/Gráficos_3D_por_computadora

2013 – 12 – 10

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num3/>

2014 – 01 – 25

INTERACTIVIDAD

http://www.ehu.es/netart/alum0506/Ines_Albuquerque/

2013 – 12 – 04

MOTORES GRÁFICOS

<http://www.taringa.net/posts/info/14711340/>

2013 – 12 – 04

PANTALLA TÁCTIL

http://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_táctil

2013 – 11 – 26

PRINCIPIOS BÁSICOS DEL DISEÑO EDITORIAL

<http://disenoiv.com/5-principios-basicos-de-diseno-editorial/>

2013 – 12 – 14

TIPOS DE DIORAMAS

http://es.wikipedia.org/wiki/Diorama#Tipos_de_dioramas

2013 – 12 – 15

TIPOS DE SISTEMAS OPERATIVOS

http://cursos.clavijero.edu.mx/cursos/147_poti/modulo1/

2013 – 12 – 20

USABILIDAD

<http://www.nosolousabilidad.com/articulos/ai.htm#3845>

2013 – 12 – 10